



⑫ EUROPAISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 85114098.8

⑪ Int. Cl. 4: G 01 P 5/10  
G 01 F 1/68

⑭ Anmeldetag: 05.11.85

⑬ Priorität: 06.11.84 DE 3440526

⑬ Anmelder: Bürkle, Walter  
Kelterweg 29  
D-7036 Schönach(DE)

⑭ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
14.05.86 Patentblatt 86/20

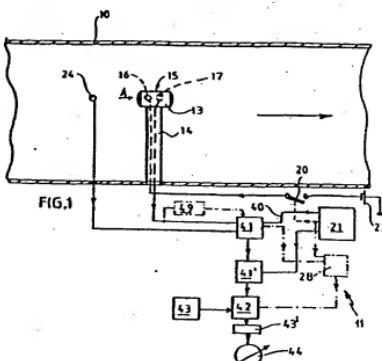
⑭ Erfinder: Bürkle, Walter  
Kelterweg 29  
D-7036 Schönach(DE)

⑬ Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑭ Vertreter: König, Oskar, Dr.-Ing. Dipl.-Phys.  
Klüpfelstrasse 6 Postfach 51  
D-7000 Stuttgart 1(DE)

⑤ Verfahren und Einrichtung zum Fühlen von Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Durchflüssen.

⑤ Verfahren und Einrichtung zum diskontinuierlichen Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit eines Fluids und/oder des Durchflusses des Fluids durch eine Leitung oder dergl. Zur Durchführung eines einzelnen Fühlvorganges wird mindestens einem vorbestimmten Bereich einer Sonde (15) durch Beheizung bzw. Kühlung in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Leistung Wärme zugeführt oder entzogen. Der Sondentemperaturverlauf ist während des einzelnen Fühlvorganges von der momentanen Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem momentanen Durchfluss des Fluids abhängig und es wird aus diesem Sondentemperaturverlauf auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluss geschlossen.



1

5

Herr Walter Bürkle, Ing.  
7036 Schönaich

10

---

Verfahren und Einrichtung zum Fühlen von Strömungs-  
geschwindigkeiten und/oder Durchflüssen

---

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Ober-  
20 begriff des Anspruches 1 und eine Einrichtung zur  
Durchführung dieses Verfahrens.

Unter einem Fluidum oder Fluid ist eine Flüssigkeit, ein Gas oder  
Dampf verstanden. Der Durchfluß ist der Massenstrom oder  
25 Volumenstrom des Fluids.

Das Fühlen von Strömungsgeschwindigkeiten bzw. Durch-  
flüssen ist vielfach notwendig. Die Erfindung bezieht  
sich dabei sowohl auf das Fühlen von Strömungsge-  
schwindigkeiten in Rohren, Kanälen, Gewässern od. dergl.  
30 als auch, wie bevorzugt vorgesehen, auf das Fühlen von  
Durchflüssen von Fluiden durch Kanäle, Leitungen od.  
dergl., insbesondere durch Rohre. Bei Strömungen vorge-  
gebener Querschnitte kann man aus der Strömungsge-  
schwindigkeit den Durchfluß und umgekehrt ermitteln.

35

best available copy

1

5 Der Durchfluß kann der Massenstrom oder ggfs. auch der Volumenstrom des betreffenden Fluids sein.

Es sind sehr unterschiedliche Verfahren zur Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeiten und Durchflüssen

10 von Fluiden bekannt. Bei einem bekannten Verfahren dieser Art (DE-OS 26 39 729; s. hierzu auch die DE-OSn 29 34 565, 32 08 145, 29 34 566 und 32 20 170) wird dem strömenden Fluid durch eine in ihm ortsfest angeordnete Wärmequelle eine Temperatur-

15 erhöhung gegeben, die von dessen Strömung mitgeführt und deren Ankunft stromabwärts an einer vorbestimmten Stelle mittels eines Temperaturfühlers erfaßt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit berechnet sich dann aus der Länge der Strecke zwischen der Wärmequelle und dem Temperaturfühler und der Zeittdauer, die dieser erwärmt Fluidbereich von der Wärmequelle bis zum Temperaturfühler benötigt.

Dieses Verfahren ist jedoch verhältnismäßig ungenau, benötigt auch verhältnismäßig große

25 Mengen an Wärmeenergie und bedingt dadurch auch recht erhebliche Eingriffe in das Fluid. Auch muß die Meßstrecke von der Wärmequelle bis zum Temperaturfühler relativ groß sein, was bauliche Nachteile mit sich bringt, und es hat auch noch weitere Nachteile.

30 Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der im Oberbegriff des Anspruches 1 genannten Art zu schaffen, das auf einfache Weise Strömungsgeschwindigkeiten und/oder Durchflüsse von Fluiden in weiten Geschwindigkeitsbereichen auch auf kurzer Strecke des Fluids

1

5 recht genau fühlen, erforderlichenfalls auch zahlenmäßig messen läßt, das sich ferner mit Einrichtungen verhältnismäßig einfacher, kostengünstiger Bauarten durchführen läßt und mit geringem Verbrauch an thermischer Energie und mit geringen Aus-

10 wirkungen auf das strömende Fluid auskommen kann.

Für die Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren gemäß Anspruch 1 vorgesehen. Eine erfindungsgemäß Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist

15 in Anspruch 23 beschrieben.

Dieses erfindungsgemäß Verfahren läßt sich mit sehr geringem Verbrauch an Wärmeenergie oder Kälteenergie (Kühlungsenergie) durchführen und liefert dennoch recht genaue

20 Werte der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des betreffenden Fluids. Es läßt sich auch über recht große Bereiche der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses anwenden und bedingt normalerweise nur vernachlässigbare Auswirkungen auf das Fluid,

25 nämlich nur völlig unbedeutende Temperaturänderungen, die praktisch fast Null sein können, und nur geringen Strömungswiderstand oder je nach Anordnung und Ausbildung der Sonde sogar gar keinen Strömungswiderstand oder extrem geringen Strömungswiderstand. Auch benötigt es nur

30 sehr kurze Fluidstrecken.

Das erfindungsgemäß Verfahren kann ohne weiteres so durchgeführt werden, daß es die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß in absoluten oder relativen Zahlenwerten mißt. Es ist jedoch auch möglich, es

35 so durchzuführen, daß es der Strömungsgeschwindigkeit

BEST AVAILABLE COPY

5 bzw. dem Durchfluß entsprechende Signale, bspw. elektrische Signale liefert, deren Signalhöhe oder sonstiger Signalinhalt ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß ist und daß diese Signale dann einer sie auswertenden oder weiterverarbeitenden Einrichtung oder dergl., vorzugsweise dem Multiplikator eines Wärmemengenzählers zugeleitet werden, in welchem Multiplikator aus ihnen durch Multiplikation mit einer Temperaturdifferenz von Vorlauf- und Rücklauffluid (Wasser, Dampf oder 10 dergl.) einer Heizungs- oder Klimaanlage die jeweils momentane Wärmeleistung oder Kälteleistung ermittelt und die dann, über die Zeit integriert, bspw. die 15 während einer Heizperiode durch einen Heizkreis verbrauchte Wärmemenge ergibt.

20

Besonders einfach ist es, vorzusehen, daß die Sonde nur eine einzige Wärmequelle bzw. Kältequelle und/oder nur einen einzigen Temperaturfühler zum Fühlen 25 der Sondentemperatur aufweist. Die Kältequelle kann man auch als Wärmesenke bezeichnen.

Jedoch läßt sich in vielen Fällen die Genauigkeit des Fühlens der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses noch dadurch erhöhen, daß die Temperatur der Sonde an mindestens zwei im Abstand voneinander angeordneten Stellen der Sonde durch Temperaturfühler gefühlt und für die der Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durch-

Best Available Copy

1

5 flusses des Fluids dienende. Sondentemperatur ein Mittelwert der von den Temperaturfühlern gefühlten Temperaturen verwendet wird. Zu demselben Zweck kann die Sonde in manchen Fällen auch mehr als eine einzige Wärme- bzw. Kältequelle für die 10 Sonde für den Fühlvorgang der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids zuzuführenden bzw. aus ihr abzuführenden Wärme aufweisen.

15 Für den einzelnen Fühlvorgang der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses kann zweckmäßig von einer vorbestimmten gefühlten Anfangstemperatur der Sonde ausgegangen werden, bei der die für den Fühlvorgang erforderliche Beheizung bzw. Kühlung der Sonde beginnt. Diese vorbestimmte Anfangstemperatur 20 kann vorzugsweise der Temperatur des Fluids zu Beginn des Fühlvorganges entsprechen. Dies macht es jedoch nach jedem Fühlvorgang der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses erforderlich, bis zur Durchführung des nächsten Fühlvorganges zumindest 25 so lange zuzuwarten, bis die gefühlte Temperatur der Sonde sich wieder der Temperatur des Fluids angeglichen hat. Wenn es erwünscht ist, in kürzeren Zeitabständen Fühlvorgänge der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses vorzunehmen, kann 30 dies zweckmäßig auf die Weise vorgenommen werden, daß zum Zeitpunkt des Beginns der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang

35

Best Available Copy

1

6 die gefühlte Temperatur der Sonde von der Temperatur des  
Fluids abweicht, vorzugsweise mit vorbestimmter Differenz,  
bei deren Eintreten jeweils ein Fühlvorgang beginnt oder  
die mit Hilfe von Heiz- oder Kühlleistung der Wärme- bzw.  
Kältequelle zwischen zwei Fühlvorgängen geregelt werden  
10 kann. Um im Gefolge jedes einzelnen Fühlvorganges der  
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses möglichst  
rasche Angleichung der gefühlten Temperatur der Sonde  
an die Fluidtemperatur zu erreichen, kann man die  
Sonde zweckmäßig sehr klein mit geringer Wärmekapazität  
15 bauen und sie ferner zweckmäßig innerhalb des Fluids  
anordnen, so daß sie allseitig von dem Fluid umspült  
ist mit Ausnahme des oder der Bereiche, an denen sie  
mit Streben oder dgl. mit der sie tragenden Rohrwandung  
oder einem sonstigen Träger verbunden ist.

20

Es ist jedoch auch möglich, die Sonde an oder in der  
Wandung des Kanals, der Leitung oder des Rohres für  
das Fluid so anzuordnen, daß sie mindestens eine  
25 vom Fluid benetzte Fläche aufweist, die dann  
allein oder im wesentlichen dem Wärmeaustausch  
zwischen Sonde und Fluid dienen kann. Der rest-  
liche Oberflächenbereich der Sonde kann dann vorzugs-  
weise gut wärmeisoliert sein. Durch eine solche Aus-  
bildung wird der Strömungswiderstand der Sonde be-  
30 sonders gering oder, wenn sie bündig mit der be-  
treffenden Wand des Kanals, der Leitung des Rohres  
oder dergl. für das Fluid verbunden ist, sogar  
Null.

35

Best Available Copy

1

5 Ein einzelner Fühlvorgang zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses benötigt bei dem erfundungsgemäßen Verfahren nur wenig Zeit. Diese kann vorzugsweise weniger als eine Minute betragen, vorzugsweise weniger als 30 Sekunden betragen. Bei räumlich  
10 sehr kleinen Sonden geringer Wärmekapazität kann man sogar mit nur einigen wenigen Sekunden Zeitdauer pro Fühlvorgang oder sogar noch weniger rechnen. So ist es in manchen Fällen bei räumlich sehr kleinen Sonden auch möglich, daß der einzelne Fühlvorgang der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses sogar weniger  
15 als eine Sekunde betragen kann, oft sogar weniger als 1/2 Sekunde.

Die Erfindung ist insbesondere für Fluida geeignet, deren Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durchfluß sich nicht fortlaufend rasch ändert, sondern nur selten oder nur langsam ändert, wie es bspw. bei den Wärmeträgerfluiden bei Heizungsanlagen und/oder Klimaanlagen der Fall ist. Die Erfindung kann jedoch auch zahlreiche andere Anwendungsgebiete haben, bspw. die chemische Verfahrensindustrie, kommunale Abwasseranlagen, Messungen in Gewässern aller Art usw., wo es nicht auf kontinuierliches Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses ankommt, sondern sich periodisch oder zyklisch wiederholende Fühlvorgänge oder Fühlvorgänge in sonstigen Zeitabständen ausreichend sind. Auch eignet sich das erfundungsgemäße Verfahren für Fluida mit sehr großen Geschwindigkeitsbereichen.

35

Best Available Copy

1

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich auch dadurch aus, daß die Sonde keine mechanisch bewegten Teile benötigt, betriebssicher ist und keinem Verschleiß unterliegt. Auch lässt sie sich problemlos verschmutzungsunempfindlich ausbilden, bspw. durch Überziehen ihrer Oberfläche oder zumindest des oder der Bereiche, die mit dem Fluid, in Kontakt kommen, mit einer schmutzabweisenden Beschichtung, oder von Zeit zu Zeit reinigen. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich nicht nur für reine Fluida sondern auch für Unreinheiten enthaltende Fluida wie Heizungswasser oder dergl., einsetzen.

15

Die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde mit vorbestimmter Dosierung der zuzuführenden oder zu entziehenden Wärme bzw. mit vorbestimmter Heiz- oder Kühlleistung zwecks Durchführung des einzelnen Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, vorzugsweise elektrisch, in manchen Fällen aber auch nicht elektrisch bspw. mittels eines Wärmeträgermediums. Die vorbestimmte Dosierung kann im Zuführen bzw. Entziehen einer vorbestimmten, konstanten oder von mindestens einer Variablen, wie der Fluidtemperatur, abhängigen Wärmemenge während des betreffenden Fühlvorganges bestehen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang durch kurzzeitige, impulsartige Zufuhr einer vorbestimmten Wärmemenge oder kurzzeitigen, impulsartigen Entzug einer vorbestimmten Wärmemenge erfolgt. Die Zufuhr bzw. der Entzug der Wärme zur oder aus der Sonde kann insbesondere mittels mindestens eines mit elektrischem Strom gespeistenen Heiz- oder Kühlelementes erfolgen, wie eines Heizdrahtes, eines Peltierelementes

Best Available Copy

1        oder dergl., und die Zufuhr bzw. Abfuhr der durch dieses Element zu erzeugenden bzw. abzuführenden Wärmemenge kann dann vorzugsweise durch kurzzeitiges Einschalten einer  
5        elektrischen Strom- oder Spannungsquelle erfolgen. Diese Strom- oder Spannungsquelle kann eine Konstantstromquelle oder eine Spannungsquelle konstanter Spannung oder auch alternierender Spannung sein. Auch kann der dieses wärmezuführende oder wärmeentziehende, elektrisch  
10      gespeiste Element beaufschlagende Strom durch die Entladung eines vorher auf eine vorbestimmte Spannung aufgeladenen Kondensators erfolgen, so daß dieses Element durch eine vorbestimmte elektrische Energiemenge zur impulsartigen Zufuhr einer vorbestimmten Wärmemenge  
15      oder impulsartigem Entzug einer vorbestimmten Wärmemenge in die Sonde bzw. aus der Sonde beaufschlagbar ist. Die vorbestimmte Wärmemenge oder, falls die mindestens eine Wärme- bzw. Kältequelle der Sonde mit vorbestimmter Heiz- bzw. Kühlleistung Wärme zuführt oder entzieht,  
20      diese Heiz- bzw. Kühlleistung kann vorzugsweise konstant, oder in manchen Fällen auch zweckmäßig abhängig von mindestens einer Variablen, vorzugsweise von der Fluidtemperatur sein, bspw. zum Kompensieren des Einflusses der Fluidtemperatur.  
25      Ferner sieht eine vorteilhafte Weiterbildung des erfundungsgemäßen Verfahrens vor, daß die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang mittels eines vorbestimmten zeitlichen Verlaufs der ihrer Beheizung bzw. Kühlung dienenden Heizleistung bzw.  
30      Kühlleistung (Kälteleistung) ihrer mindestens einen Wärme- bzw. Kältequelle erfolgt, vorzugsweise mit konstanter Heiz- oder Kühlleistung. Die Zufuhr bzw. der Entzug von Wärme in die bzw. aus der Sonde während des einzelnen Fühlvorganges kann mittels geeigneter Schalt-, Steuer- bzw. Regelmittel in der jeweils vorgesehenen Dosierung bzw. mit der jeweils vorgesehenen Heiz- oder Kühlleistung erfolgen.

Best Available Copy

1

5 Die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde kann für den einzelnen Fühlvorgang für eine vorbestimmte Zeitdauer durchgeführt werden. Es ist jedoch auch möglich, die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde mit variabler Zeitdauer durchzuführen. So kann bspw. in vielen Fällen zweckmäßig vorgesehen sein, daß bei der Durchführung eines Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses die Sonde mit vorbestimmter Heizleistung bzw. Kühlleistung so lange beheizt bzw. gekühlt wird, bis die Sondentemperatur um einen vorbestimmten Betrag geändert ist und daß dann die Kühlung bzw. Beheizung der Sonde bis zur Durchführung des nächsten Fühlvorganges abgeschaltet wird.

20 Die Auswertung des während des einzelnen Fühlvorganges durch die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde auftretenden Sondentemperaturverlaufes für die Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses kann bei dem erfundungsgemäßen Verfahren auf irgend eine geeignete Weise erfolgen. Damit nach Beginn eines Fühlvorganges nach besonders kurzer Zeit schon auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen werden kann, kann man vorsehen, daß auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß aus dem noch während der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde oder gegen Ende der Beheizung bzw. Kühlung stattfindenden Sondentemperaturverlauf geschlossen wird. Die Genauigkeit des Fühlens der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses kann jedoch in vielen Fällen noch dadurch weiter erhöht werden,

30

35

Best Available Copy

1

indem man vorsieht, daß bei dem einzelnen Fühlvorgang auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids aus dem nach Beendigung der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde stattfindenden Sondentemperaturverlauf oder sowohl aus dem während der Beheizung oder Kühlung als auch dem anschließenden instationären Sondentemperaturverlauf geschlossen wird. Dies ist auch dann zweckmäßig, wenn die Beheizung bzw. die Kühlung der Sonde nur sehr kurzzeitig impulsartig erfolgt.

Aus dem Sondentemperaturverlauf kann auf unterschiedliche Weise auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen werden, vorzugsweise anhand eines Kennlinienfeldes des Sondentemperaturverlaufes, das als mindestens einen Parameter die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß hat und ggfs. noch weitere Parameter aufweisen kann, wie die Fluidtemperatur und dergl., soweit dies erforderlich oder zweckmäßig ist. Auch Einsatz einer einzigen Kennlinie ist oft vorteilhaft. Besonders zweckmäßig ist es, bei einem einzelnen Fühlvorgang nur aus wenigen Daten, vorzugsweise nur aus ein oder zwei Daten des Sondentemperaturverlaufes auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids zu schließen. Vorzugsweise können dies bei zwei Daten eine Temperaturdifferenz und die zu ihrem Durchlaufen benötigte Zeitdauer und bei einem einzigen Datum die max. Temperaturdifferenz des Sondentemperaturverlaufs während des jeweiligen Fühlvorganges sein.

35

Best Available Copy

1

5 Dies kann auf unterschiedliche Weise erfolgen.  
Einige bevorzugte Ausführungsformen, die mit einer  
Temperaturdifferenzmessung und einer Zeitmessung auskommen,  
sind in den Ansprüchen 13, 14 und 16 beschrieben. Man  
kann sogar für einen einzelnen Fühlvorgang aus einer  
10 reinen Temperaturmessung ohne Zeitmessung,  
nämlich der während des betreffenden Fühl-  
vorganges auftretenden maximalen Veränderung  
der Sondentemperatur auf die  
Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids  
15 schließen und benötigt bei dieser Weiterbildung des Ver-  
fahrens also nicht einmal eine Zeitmessung.

20 Es gibt auch noch andere Weiterbildungen des erfindungs-  
gemäßen Verfahrens, die aus dem Sondentemperaturverlauf  
während eines einzelnen Fühlvorganges auf die Strömungs-  
geschwindigkeit bzw. den Durchfluß schließen lassen und er-  
wünschtenfalls auch zahlmäßige Meßergebnisse liefern können.  
So kann gemäß einer Weiterbildung dieser Art vorge-  
sehen sein, daß eine vorbestimmte Zeitdauer nach Be-  
25 ginn der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den be-  
treffenden Fühlvorgang der am Ende dieser Zeitdauer herr-  
schende Temperaturgradient  $dT/dt$ , wo T die Sondentemper-  
atur und t die Zeit ist, erfaßt und aus diesem Tempera-  
turgradienten auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den  
30 Durchfluß des Fluids geschlossen wird. Dabei kann man  
auch vorsehen, anstatt dem Differentialquotienten  $dT/dt$   
einen Gradienten  $\Delta T/\Delta t$  zu wählen, wo  $\Delta T$  eine geringe  
Temperaturdifferenz des Sondentemperaturverlaufes und

35

Best Available Copy

1  
6      $\Delta t$  die zum Durchlaufen von  $\Delta T$  verstrichene Zeitspanne  
6     ist. Anstatt dieser ersten zeitlichen Ableitung  
6      $dT/dt$  bzw.  $\Delta T/\Delta t$  kann auch eine höhere zeitliche  
6     Ableitung, vorzugsweise  $d^2T/dt^2$ , in manchen Fällen  
6     zur Identifizierung des momentanen zeitlichen Son-  
10    dentemperaturverlaufes und damit von dessen Para-  
10    meter v bzw. D vorgesehen werden.

15    Anstatt während eines Fühlvorganges nur einmal die  
15    Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß zu er-  
15    mitteln, kann auch die Maßnahme nach Anspruch 12  
15    vorgesehen sein, welche die Genauigkeit des erfindungs-  
15    gemäßen Verfahrens noch weiter zu erhöhen gestattet  
15    durch Verringerung der Streuung und der Auswirkungen  
15    von Meßfehlern.

20    Es sei noch erwähnt, daß das erfindungsgemäße Verfahren  
20    sich besonders gut auch dazu eignet, daß es zum in  
20    vorbestimmten Zeitabständen Ermitteln der Strömungs-  
20    geschwindigkeit bzw. des Durchflusses eines Fluids  
20    dient, dessen Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durch-  
25    fluß zu steuern oder zu regeln ist oder aus  
25    sonstigen Gründen, vorzugsweise für Wärmemengen-  
25    zählung zu ermitteln ist.

30    Es sei noch erläutert, daß unter dem Ausdruck "Kälte-  
30    quelle" verstanden ist, daß sie durch mindestens ein  
30    diese Kältequelle bildendes Element oder dergl.,  
30    z. B. ein Peltierelement, gebildet ist, das der Sonde  
30    Wärme entziehen kann.

1

5 In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

10 Fig. 1 eine Einrichtung zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses eines in einem Rohr strömenden Fluids gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

15 Fig. 2 die Sonde der Einrichtung nach Fig. 1 in Ansicht des Pfeiles A der Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,

20 Fig. 3 eine Sonde in geschnittener Darstellung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung,

25 Fig. 4 bis 7 je ein Diagramm zur Erläuterung möglicher Arbeitsweisen der Einrichtung nach Fig. 1,

30 Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel eines Wärmemengenzählers, der unter Einsatz einer Einrichtung zur Durchflußmessung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung arbeitet,

35 Fig. 9 und 10 Sondenanordnungen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung,

Fig. 11,12 je eine Sonde gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung in geschnittener Darstellung,

35 Fig. 13 eine Vorrichtung zum Beheizen der Sonde und Fühlen der Sondentemperatur gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 14 ein weiteres Diagramm einer möglichen Arbeitsweise der Einrichtung nach Fig. 1,

Best Available Copy

1 Fig. 15, 16 und 17 je eine Sonde gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung in geschnittenen Seitenansichten,

5 Fig. 18 und 19 je einen Schnitt durch die Sonde nach Fig. 16 bzw. 17 gesehen entlang der Schnittlinie 18-18, bzw. 19-19.

Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Einrichtung 11 zum  
10 Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses eines in einem Rohr 10 strömenden Fluids bei dem es sich vorzugsweise um Flüssigkeit, aber ggfs. auch um Gas oder Dampf handeln kann, weist eine Sonde 15 auf, die an einer schmalen, stromlinienförmigen, ggf. wärmeisolierenden Strebe 14 fest angeordnet ist, die an der Wandung des Rohres 10 fest angeordnet ist. Die Sonde 15 weist einen einstückigen, massiven, ungefähr kreiszylindrischen Körper 13 aus einem Werkstoff mit vorzugsweise niedriger Wärmeleitzahl, wie Wärme schwach leitenden Kunststoff, Keramik oder dergl., auf, in den eine Wärmequelle 16 und ein Temperaturfühler 17 im Abstand von bspw. einigen Millimetern voneinander eingebettet sind. Diese Sonde 15 kann sehr klein sein, bspw. einen Durchmesser von 0,5 bis 2 cm haben, jedoch auch noch kleiner oder noch größer sein. In vielen Fällen kann sie vorteilhaft auch stromlinienförmig gestaltet sein oder auch sonstige andere Gestalt aufweisen. Die tragende Strebe 14 hat geringen Strömungswiderstand. Auch der Strömungswiderstand der Sonde 15 ist schon wegen ihrer Kleinheit nur gering. Ihre Länge kann bspw. 25 0,5 bis 3 cm oder auch mehr oder noch weniger betragen. Die Wärmequelle 16, die also eine Energiequelle für Wärme ist, kann vorzugsweise ein körperlich sehr kleiner elektrischer Heizwiderstand oder eine andere elektrisch beheizbare Wärmequelle sein, die genau definierbar Wärme abgeben kann. Ihre elektrische Leistung braucht nur gering zu sein und kann vorzugsweise ein oder mehrere Watt oder auch weniger oder mehr betragen. Der Temperaturfühler 17 kann vorzugsweise ein temperaturabhängiger, elektrischer

Best Available Copy

- 1 Widerstand, vorzugsweise ein NTC- oder PTC-Element, eine aktive integrierte temperaturempfindliche Halbleiterschaltung oder dergl., von vorzugsweise ebenfalls sehr kleiner räumlicher Gestalt sein. Diese Wärmequelle 16 leitet die gesamte, von ihr erzeugte Wärme
- 5 in die Sonde 15 ein.
- Die Wärmequelle 16 dient dazu, eine der Sonde 15 zur Durchführung eines jeweiligen Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heizleistung Wärme
- 10 zuzuführen. Falls erwünscht, kann die Sonde auch mehr als eine Wärmequelle aufweisen.

- 15 Anstatt der Wärmequelle 16, die also in eingeschaltetem Zustand Temperaturen erzeugt, die über der Temperatur des im Rohr 10 in Pfeilrichtung strömenden Fluids liegen, kann in vielen Fällen vorteilhaft auch mindestens eine Kältequelle, d.h. mindestens eine "Wärmesenke", innerhalb der Sonde 15 angeordnet sein und ihr bei dem einzelnen Fühlvorgang in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmbarer Kühlleistung Wärme entziehen, also in ihr Kälte erzeugen. Bei der weiteren Beschreibung wird die Komponente 16 als Wärmequelle angenommen, obwohl, wie dargelegt, die Erfindung hierauf nicht beschränkt ist.
- 20 25 Die Wärmequelle 16 ist über einen Ein- und Aus-Schalter 20 an eine Spannungsquelle 23 konstanter Spannung, hier an eine Gleichstromquelle angeschlossen, die also durch Schließen des Schalters 20 die Wärmequelle 16 mit Strom konstanter Spannung speist, so daß die Heiz- oder Wärmeleistung dieser Wärmequelle 16 bei geschlossenem Schalter 20 konstant ist, wobei angenommen ist, daß der elektrische Widerstand der Quelle 16 temperaturunabhängig ist. In manchen Fällen kann auch vorgesehen sein, die Wärmeleistung der Wärmequelle bzw. ihren Energieverbrauch zeitlich in vorbestimmter Weise zu ändern, bspw. gemäß einem Zeitprogramm stetig zu erhöhen und/oder zu er-
- 30
- 35

1

6 niedrigen, um die instationären Sondentemperaturverläufen  
entsprechenden Temperaturkurven (30-32), wie sie in den  
Diagrammen nach den Fig. 4 und 5 an einem Ausführungs-  
beispiel dargestellt sind, in irgend einer gewünschten  
Weise zu beeinflussen, bspw. im Anstieg zu linearisieren  
oder als Stromquelle eine Wechselstromquelle vorzusehen.  
10 Oder es kann oft zweckmäßig auch vorgesehen sein, die  
Wärmequelle 16 für jeden einzelnen Fühlvorgang der  
Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des  
Fluids impulsartig mit einer vorbestimmten elektrischen  
15 Energiemenge zu speisen zur impulsartigen Abgabe einer  
entsprechenden Wärmemenge in die Sonde 15, was bspw.  
durch rasches Entladen eines vorher auf eine vorbestimmte  
konstante Spannung aufgeladenen Kondensators erfolgen kann.  
20 Anstelle der Spannungsquelle 23 konstanter Spannung kann  
oft mit Vorteil auch eine Stromquelle vorgesehen sein, die  
auf Lieferung konstanter elektrischer Leistung gesteuert  
oder geregelt wird, um eine eventuelle Temperaturabhäng-  
igkeit des elektrischen Widerstandes der Wärmequelle 16  
zu kompensieren, oder die Wärmequelle 16 weist eine  
25 Steuerung oder Regelung für ihre Heizleistung auf. Die  
vom Temperaturfühler 17 gefühlte Eigentemperatur der  
Sonde sei mit  $T_a$  und die von einem Temperaturfühler 24  
gefühlte Fluidtemperatur mit  $T_f$  bezeichnet. Die auf  
die momentane Fluidtemperatur bezogene Sondentemperatur  
30  $T_s$  ist dann  $T_s = T_a - T_f$ . Die Sonde 15 erzeugt, wenn der  
Schalter 20 geschlossen wird,

35

Best Available Copy

1

zusammen mit dem Temperaturfühler 24 die Sondentemperaturverläufe  $T_s$ , deren Parameter die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  bzw. der Durchfluß  $D$  des Fluids im bzw. durch das Rohr 10 hindurch ist, d.h., daß jedem solchen Sondentemperaturverlauf ein bestimmter, konstanter Wert für  $v$  bzw.  $D$  zugeordnet ist.

10

In den ~~Diagrammen~~ nach Figuren 5 und 7 sind Kennlinienfelder  $T_s = f_v(t_x)$  mit dem Parameter  $v$  bzw.  $D$  dargestellt, wobei in jedem Diagramm jeweils drei unterschiedliche, instationäre Sondentemperaturverläufe als Kurven 30, 31, 32 bzw. 30', 31', 32' eingezeichnet sind, deren Parameter  $v$  bzw.  $D$  beispielsweise im Verhältnis von 1 : 2 : 3 zueinander stehen. Diese Kurven wurden an einem Versuchsmodell experimentell aufgenommen. Die Kurve 30 ist die des kleinsten konstanten Wertes für  $v$  bzw.  $D$  und die Kurve 32 entsprechend die des höchsten konstanten Wertes für  $v$  bzw.  $D$ . Es können natürlich noch wesentlich mehr solche instationäre Sondentemperaturverläufe mit anderen pro Kurve konstanten Werten für die Parameter  $v$  bzw.  $D$  aufgenommen werden, bspw. auch für noch höhere und noch kleinere Werte von  $v$  bzw.  $D$ , und man kann zwischen benachbarten Kurven noch interpolieren, so daß man aus jedem solchen Kennlinienfeld für eine bestimmte Einrichtung zum diskontinuierlichen Fühlen von  $v$  bzw.  $D$  für jedes während eines einzelnen solchen Fühlvorganges ermittelte Wertepaar  $T_s$ ,  $t_x$  aus der instationären Sondentemperaturverlaufskurve, auf der dieses Wertepaar als Punkt liegt, die bei diesem Fühlvorgang vorliegende momentane Strömungsgeschwindigkeit  $v$  bzw. den momentanen Durchfluß  $D$  ersehen kann, gleichgültig an welcher Stelle dieser Kurve das betreffende Wertepaar liegt.

35

1 Dabei ist die momentane Sondentemperatur  $T_s$  auf die momentane, vom Fühler 24 gefühlte Fluidtemperatur  $T_f$  bezogen, indem die Differenz  $T_a - T_f$  in einem Glied 41 ununterbrochen gebildet wird.

5 Bspw. liegt bei dem Diagramm nach Fig. 4 das Wertepaar  $T_{21}, t_b$  auf der Kurve 30, so daß dann bei diesem Fühlvorgang, der dieses Wertepaar erbrachte, der momentane Wert v bzw. D des Fluids der Größe dieses Parameters v bzw. D der Kurve 30 entspricht.

10 Gegebenenfalls können die Sondentemperaturverläufe noch mindestens einen weiteren Parameter berücksichtigen und das entsprechende Kennlinienfeld entsprechend Kennlinienscharen mit mehreren Parametern aufweisen. Bspw. kann

15 ein weiterer Parameter die Art des Fluids (wenn unterschiedliche Fluida oder Fluida unterschiedlichen Drucks oder dergl. das Rohr 10 durchströmen) oder die von dem Temperaturfühler 24 stromaufwärts der Sonde 15 gefühlte Temperatur des Fluids sein, falls die Temperatur des

20 Fluids als Parameter mit zu berücksichtigen ist.

25 Die Einrichtung nach Fig. 1 ist ohne weiteres geeignet für Fluida deren Temperatur  $T_f$  sich während des nur jeweils kurzen Fühlvorganges nicht oder nicht störend ändert.

Oder es kann bspw. bei Wärmemengenmessungen vorgesehen sein, Fühlvorgänge abzubrechen oder ihre Auswertung zu 30 negieren, bei denen sich die Fluidtemperatur störend ändert bzw. geändert hat. Oder man kann die Änderung der Fluidtemperatur in ihrer Auswirkung auf v bzw. D bei der Auswertung kompensieren oder rechnerisch berücksichtigen usw. Auch andere Möglichkeiten bestehen.

35

1

5 Anstatt eines solchen Wertepaars  $T_s$ ,  $t_x$  können auch mehrere oder beliebig viele solcher Wertepaare des während jeweils eines Fühlvorganges stattfindenden Sondentemperaturverlaufes für die Ermittlung des ihm zugeordneten Wertes von  $v$  bzw.  $D$  ausgewertet  
10 werden. Es kann oft auch zweckmäßig vorgesehen sein, daß jeweils mindestens ein Bereich, d.h. mindestens ein Abschnitt oder der gesamte Bereich des für den betreffenden Fühlvorgang durch Beheizung bzw. Kühlung der Sonde bewirkten Sondentemperaturverlaufes auf  $v$  bzw.  $D$  ausgewertet wird. Es besteht u.a. auch die Möglichkeit, den gesamten, für einen Fühlvorgang durch Beheizung oder Kühlung der Sonde bewirkten Sondentemperaturverlauf durch eine Vielzahl seiner Stellen digital abzuspeichern und danach oder später 20 auf die ihm zugrundeliegenden Werte von  $v$  bzw.  $D$  auszuwerten, also bspw. den Sondentemperaturverlauf beginnend mit  $t_e$  bis zum Wiedereintritt von  $T_s \approx 0$  reichend auszuwerten.

25

30

35

Best Available Copy

1 Der Schalter 20 wird durch eine Zeitschaltvorrichtung 21  
geöffnet und geschlossen. Es kann bspw. in konstanten  
Zeitabständen oder in durch einen Zufallsgenerator be-  
5 stimmten variablen Zeitabständen geschlossen und dann  
jeweils nach einer vorbestimmten Zeitdauer wieder ge-  
öffnet werden. Im Falle des Einsatzes einer solchen Ein-  
richtung bei Wärmemengenzählungen kann ein solcher Zu-  
fallsgenerator evtl. Manipulationen der Wärmemengenzäh-  
10 lung sicher verhindern.

Der Zeitpunkt des Schließens des Schalters 20 ist in den  
Diagrammen nach den Fig. 4 bis 7 jeweils mit  $t_e$  bezeichnet.  $t_e$  kann  
für den einzelnen Fühlvorgang zu Null angesetzt werden.

Die Zeitdauer zwischen zwei Fühlvorgängen kann da-  
15 bei im allgemeinen zweckmäßig zumindest so groß getrof-  
fen werden, daß beim jedesmaligen Schließen des Schalters  
20 die Sonde 15 die Temperatur des Fluids durchgehend  
einschließlich ihres Temperaturfühlers 17 und ihrer Wärme-  
quelle 16 angenommen hat. Es ist jedoch auch möglich, die  
20 Messung von einem anderen Temperaturniveau der Sonde 15  
aus vorzunehmen und die Temperaturdifferenz zur Fluid-  
temperatur evtl. auch als Parameter der Sondentempera-  
turverläufe des betreffenden Kennlinienfeldes mit ein-  
zuführen. Da jedoch die Wärmekapazität der Sonde 15 sehr  
25 klein gehalten werden kann, kann sie entsprechend rasch  
nach jedem einzelnen Fühlvorgang des Durchflusses bzw.  
der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids sich wieder auf  
die Fluidtemperatur abkühlen, und es ist deshalb im  
allgemeinen ausreichend und zweckmäßig, den Schalter 20  
30 zur Durchführung eines Fühlvorganges mittels der Zeit-  
schaltvorrichtung 21 immer erst dann einzuschalten, wenn  
die Temperatur der Sonde 15 der vom Temperaturfühler 24  
gefühlten Fluidtemperatur entspricht.

35 Die Zeitschaltvorrichtung 21 kann vorzugsweise so ausge-  
bildet sein, daß sie den Schalter 20 jeweils für eine vor-  
bestimmte, konstante, ggf. einstellbare Zeitdauer schließt.  
Diese Zeitdauer kann bei geringer Baugröße der Sonde 15

1

klein sein, vorzugsweise weniger als eine Minute, vorzugsweise in der Größenordnung von Sekunden oder oft 5 sogar unter einer Sekunde liegen.

Bei Einsatz der Einrichtung nach der Fig. 1 für Wärmemengenzählungen bei Heizungsanlagen kann der zeitliche Abstand aufeinanderfolgender Fühlvorgänge bspw. 10 bis 10 30 Minuten betragen oder auch noch länger oder kürzer sein. Die Zeitabstände können aber brauchen nicht konstant zu sein. Bspw. können sie auch vom Auftreten von Änderungen 15 der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses abhängig gemacht werden, wodurch noch weitere erhebliche 16 Veränderung der Wärme- oder Kühlungsenergie erreicht werden kann, die zum Betrieb der Wärme- bzw. Kältequelle 16 der Sonde 15 erforderlich ist.

Im Gefolge jedes Schließens des Schalters 20 erzeugt die 20 Zeitschaltvorrichtung zum Zeitpunkt  $t_a$ , also nach der vorbestimmten Zeitdauer  $t_a - t_e$  (Fig. 4, 5) ein den Schalter 20 wieder öffnendes Schaltsignal. Im weiteren wird das Diagramm nach Fig. 4 noch näher erläutert. Die Zeitschaltvorrichtung 21 erzeugt für einen Fühlvorgang nach 25 einer vorbestimmten, ab dem Zeitpunkt  $t_e$  abgemessenen Zeitdauer, bspw. zum Zeitpunkt  $t_b$ , ein Ausgangssignal, das über die Leitung 40 einem Temperaturdifferenzglied 41 aufgedrückt wird, und bei Auftreten dieses Ausgangssignales wird dann die in diesem Temperaturdifferenzglied 41 momentan ermittelte Temperaturdifferenz zwischen 30 der vom Fühler 17 gefühlten Temperatur  $T_a$  und der vom Fühler 24 gefühlten Fluidtemperatur  $T_f$ , also die Differenz  $T_g = T_a - T_f$ , in einen Speicher 41' eingelesen und hier bis auf weiteres gespeichert. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Zeitdauer  $t_b - t_e$  so kurz ist, daß sich 35 die Fluidtemperatur nicht oder nur so wenig geändert hat, daß der hierdurch mögliche Meßfehler in Kauf genommen werden kann. Falls nicht, könnte bspw. der betref-

best available copy

1 fende Fühlvorgang für ungültig erklärt und wiederholt werden. Bei  
Wärmemengenzählern können sich solche Meßfehler infolge der vielen  
Messungen auch gegeneinander aufheben. Die im Speicher 41' nunmehr ge-  
speicherte Temperaturdifferenz wird sofort anschließend, eben-  
5 falls gesteuert von der Zeitschaltvorrichtung 21, in  
einen Rechner 42 eingegeben. Ferner ist ein Speicher 43  
für das Kennlinienfeld, bspw. gemäß Fig. 4, vorhanden,  
und der Rechner 42 berechnet dann im Gefolge jeder Ein-  
gabe einer Temperaturdifferenz  $T_a - T_f$  mit Hilfe der  
10 Speicherdaten des Speichers 43 die momentane Strömungs-  
geschwindigkeit  $v$  bzw. den Durchfluß  $D$  des Fluids und  
liest diesen berechneten Wert in einen Speicher 43' ein,  
wo er für weitere Verwertung gespeichert oder durch ein  
15 mit dem Speicher verbundenes Anzeigegerät 44 angezeigt  
werden kann. Der Durchfluß kann bspw. als Massenstrom  
oder Volumenstrom des Fluids zahlenmäßig angezeigt  
werden. Desgleichen kann die Strömungsgeschwindigkeit  
zahlenmäßig angezeigt werden. Oder der Speicher 43' kann an ein  
20 die gespeicherte Strömungsgeschwindigkeit bzw. den ge-  
speicherten Durchfluß weiterverarbeitendes Gerät ange-  
schlossen sein, bspw. an das in Fig. 8 dargestellte Multi-  
plikationsglied 45 eines Wärmemengenzählers. Sobald der ge-  
speicherte Wert nicht mehr benötigt wird, kann er gelöscht  
25 werden. Wie man aus dem Diagramm nach Fig. 4 gut ersehen kann,  
sind die Abstände zwischen den dargestellten Kurven 30, 31,  
32 an ihren Maxima am größten. Die Maxima fallen ungefähr  
mit dem Öffnungszeitpunkt  $t_a$  des Schalters 20 zusammen.  
Deshalb beginnen die Kurven etwa ab dem Zeitpunkt  $t_a$  wie-  
30 der abzufallen, nachdem sie vorher, beginnend mit dem Zeit-  
punkt  $t_e$  und bei dem der Fluidtemperatur  $T_f$  entsprechen-  
den Wert für  $T_a$  mit Schließen des Schalters 20 durch  
Einschalten der Wärmequelle 16 mit konstanter Heizleistung  
in Abhängigkeit von  $v$  bzw.  $D$  unterschiedlich rasch  
35 ansteigen, da die Sonde 15 vom Fluid umso stärker ge-  
kühlt wird, je höher die Werte  $v$  und  $D$  des Fluids sind.  
Man kann also die der Sondentemperatur  $T_s$  entsprechende

Best Available Cop,

1

6 Temperaturdifferenz  $T_a - T_f$ , die bei jedem Fühlvorgang  
eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Schließen des  
Schalters 20 vorliegt und im Speicher 41'  
bis zu ihrem Auslesen in den Rechner 42 gespeichert wird,  
zweckmäßig stets zum Zeitpunkt  $t_a$  ermitteln, also nach  
10 einer Zeitdauer  $t_a - t_e$  nach Schließen des Schalters 20.  
Oder man kann, falls erwünscht, auch einen anderen Zeit-  
punkt zur Ermittlung der jeweiligen Temperaturdifferenz  
 $T_a - T_f$  wählen, bspw. den in Fig. 4 eingezeichneten Zeit-  
punkt  $t_b$ , der noch zeitlich vor den Maxima der Kurven  
15 30-32 liegt, oder auch zu einem erst zeitlich nach Wie-  
deröffnen des Schalters 20 liegenden Zeitpunkt, bspw.  
zum Zeitpunkt  $t_c$ , der also auf den absteigenden Ästen  
der Kurven 30-32 liegt. Die Zeitpunkte  $t_c$ ,  $t_a$ ,  $t_b$  ergeben  
also jeweils vom Zeitpunkt  $t_e = 0$  aus gerechnete Zeit-  
spannen.

20 Zum Zeitpunkt  $t_a$  weisen die drei Kurven 30-32 die Son-  
dendentemperaturen  $T_{11}, T_{12}$  bzw.  $T_{13}$  auf. Wenn also z.B.  
25 zum Zeitpunkt  $t_a$  der Fühler 17 die Sondentemperatur  $T_{12}$   
fühlt, dann ermittelt der Rechner aus diesem Kennlinien-  
feld, daß  $v$  bzw.  $D$  den betreffenden Wert des Parameters  $v$  bzw.  $D$   
der Kurve 31 hat. Wenn man für die Ermittlung der im  
Glied 41' kurzzeitig zu speichernden Temperaturdiffe-  
renz den Zeitpunkt  $t_b$  zugrunde legt, dann ergeben die  
30 zu diesem Zeitpunkt gemessenen Sondentemperaturen  $T_{21}$   
bzw.  $T_{22}$  bzw.  $T_{23}$  als  $v$  bzw.  $D$  die betreffenden Para-  
meter der Kurven 30-32 ebenfalls. Wenn bspw. angenommen  
wird, daß der Parameter  $v$  für die Kurve 30 gleich  
1 m/sec, für die Kurve 31 gleich 2 m/sec und für die  
35 Kurve 32 gleich 3 m/sec beträgt, dann beträgt zum Zeit-  
punkt  $t_b$  bei der gemessenen Temperatur  $T_{21}$  die Strö-  
mungsgeschwindigkeit 1 m/sec, bei  $T_{22}$  gleich 2 m/sec und  
bei  $T_{23}$  gleich 3 m/sec. Dieselben Werte für  $v$  und  $D$

Best Available Copy

1 ergeben sich aus diesen Kurven 30 - 32 auch zum Zeitpunkt  
5  $t_c$ , wenn bei ihm die gefühlten Sondentemperaturen  $T_{31}$  bzw.  
10  $T_{32}$  bzw.  $T_{33}$  betragen. Man kann natürlich auch andere ge-  
eignete Zeitpunkte  $t_x$  für das Messen der Sondentemperaturen  
15 zwecks Eingabe in das Temperaturdifferenzglied 41 vorsehen.  
Desgleichen kann man bei dieser Auswertung des jeweiligen  
20 Sondentemperaturverlaufes vorsehen, die Temperaturfühler 17,24  
immer nur zum betreffenden Zeitpunkt, wie z.B.  $t_a$ , für kurze  
Zeit zur Durchführung der Temperaturmessung einzuschalten.  
25 Die Kurven 30-32 des Diagramms nach Fig. 4 sind auch  
in dem Diagramm nach Fig. 5 eingezeichnet. und dieses  
30 Diagramm zeigt eine andere Auswertemöglichkeit dieser  
Sondentemperaturverläufe 30-32 und der sonstigen,  
nicht eingezeichneten Sondentemperaturverläufe. Der  
Nullpunkt des Koordinatensystems nach Fig. 5 ist, wie  
im Falle der Fig. 4, wieder durch die Fluidtemperatur  
ratur  $T_f$  und den Einschaltzeitpunkt  $t_e$  des Schalters 20  
bestimmt.  $t_e$  kann dabei jeweils zweckmäßig als 0 ange-  
setzt werden. Und zwar ist in diesem Diagramm nach Fig. 5  
vorgesehen, daß beim Erreichen der Sondentemperatur  $T_1$   
entweder vor dem Zeitpunkt  $t_a$  oder nach dem Zeitpunkt  $t_a$   
die jeweils seit dem Zeitpunkt  $t_e$  verstrichene Zeit-  
dauer gemessen wird. Beträgt diese Zeitdauer  $t_1$  bzw.  $t_4$ ,  
25 dann liegt als Strömungsgeschwindigkeit  $v$  bzw. Durchfluß  $D$   
des Fluids der betreffende Parameter  $v$  bzw.  $D$  der Kurve 30 vor.  
Für die Zeitpunkte  $t_2$  und  $t_5$  entspricht  $v$  bzw.  $D$  dem  
betreffenden Parameter der Kurve 31 und für die Zeit-  
punkte  $t_3$  bzw.  $t_6$  für  $v$  und  $D$  die Parameter der Kurve 32.  
In obigem Zahlenbeispiel wäre  $v$  also wieder 1 m/sec für  $t_1$   
30 und  $t_4$ ; 2 m/sec für  $t_2$  und  $t_5$  und 3 m/sec für  $t_3$  und  $t_6$ .  
Für die Zeitmessung kann direkte Messung der Zeit oder  
die Messung einer von ihr abhängigen Größe vorgesehen werden.

1 Man kann dabei auch vorsehen, wenn die Zeitmessung vor  
ta liegt, den Schalter 20 bereits wieder zu öffnen, so-  
bald die betreffende Temperatur  $T_1$  erreicht ist, so daß  
dann die strichpunktiert angedeuteten, absteigenden  
5 Sondentemperaturäste entstehen, und man könnte dann  
auch vorsehen, bei einer vorbestimmten niedrigeren  
Sondentemperatur, bspw. der eingezeichneten Temperatur  
T<sub>2</sub>, die bis zum Erreichen dieser Sondentemperatur T<sub>2</sub>  
seit t<sub>e</sub> verstrichene Zeitdauer zu messen und aus dieser  
10 Zeitdauer auf die momentane Strömungsgeschwindigkeit  
bzw. den momentanen Durchfluß D zu schließen als  
Parameter der betreffenden Kurven.

Man erkennt ferner aus den Diagrammen nach den Fig. 4  
15 und 5, daß die Temperaturgradienten der Kurven 30-32  
innerhalb eines großen Zeitbereiches für einen vorbe-  
stimmten Zeitpunkt nach t<sub>e</sub>, z.B. t<sub>d</sub> oder für eine vorbe-  
stimmte Sondentemperatur unterschiedlich groß sind, so  
daß man also auch aus diesen Temperaturgradienten  
20  $\Delta T_s / dt_x$  bzw.  $\Delta T_s / \Delta t_x$  (ein solches  $\Delta T_s / \Delta t_x$  ist für die  
Kurve 30 an einer Stelle in Fig. 4 eingezeichnet) den  
jeweiligen Sondentemperaturverlauf erkennt und damit  
den momentanen Wert v bzw. D des Fluids. Wenn man mit  
einer einzigen vorbestimmten Sondentemperatur, bspw.  
25 der Sondentemperatur T<sub>1</sub> nach dem Diagramm nach Fig. 5  
arbeiten will, dann kann man für die Ermittlung von v  
bzw. D eine einzige Kennlinie 33 vorsehen, wie es das  
Diagramm nach Fig. 5 zeigt. In diesem Diagramm ist die  
Abszisse weiterhin t<sub>x</sub>, jedoch die Ordinate v bzw. D und  
30 die dargestellte Kurve 33 ergibt den Zusammenhang zwischen  
t<sub>x</sub> und v bzw. D, wie man ohne weiteres ersieht, wobei  
die Zeitpunkte t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> und t<sub>3</sub> des Diagramms nach Fig. 5  
eingezeichnet sind. Man braucht dann im Speicher 43  
(Fig. 1) nur diese Kennlinie 33 zu speichern.

1

Das Diagramm nach Fig. 7 unterscheidet sich von denen nach den Fig. 4 und 5 dadurch, daß die dargestellten Sondentemperaturverläufe 30', 31' und 32' nicht durch Beheizen der Sonde mit relativ geringer Heizleistung bis ungefähr zu den Maxima der dargestellten Kurven erfolgte, sondern daß die Wärmequelle 16 in die Sonde nur einen sehr kurzzeitigen Wärmestoß einer vorbestimmten Wärmemenge schickte. Bspw. kann dies mit konstanter Heizleistung erfolgt sein, wobei zum Zeitpunkt  $t_e$  der Schalter 20 geschlossen und schon wieder zum sehr frühen Zeitpunkt  $t_a$  bspw. nach einer Sekunde wieder geöffnet wurde. Die zugeführte Heizleistung ist dabei hoch. Jedoch wirkt sie sich an dem Fühler 17 erst zeitlich verzögert aus. Diese Heizleistung geht ebenfalls als Wärme z.T. in das Fluid und z.T. zum Fühler 17, wobei wiederum die Kurven 30'-32' um so rascher ansteigen, je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit bzw. die Durchflußmenge wegen der dann schlechteren Kühlung der Sonde 15 durch das Fluid ist. In diesem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 liegt bei den Maxima  $T_4$ ,  $T_5$  und  $T_6$  starke Temperaturspreizung vor und diese Maxima brauchen nicht genau zum gleichen Zeitpunkt aufzutreten. Jedoch ist das jeweilige Maximum abhängig von  $v$  bzw.  $D$ , so daß bei dem Diagramm nach Fig. 7 es genügt, nur die Temperaturmaxima der Kurven 30'-32' und evtl. weiterer, nicht dargestellter derartiger Kurven zu ermitteln, und aus dem jeweiligen Maximalwert kann dann auf die momentane Strömungsgeschwindigkeit  $v$  bzw. den momentanen Durchfluß  $D$  ebenfalls mit guter Genauigkeit geschlossen werden. Bspw. kann wieder  $T_4$  einer Strömungsgeschwindigkeit des Fluids von 1m/sec,  $T_5$  von 2m/sec und  $T_6$  von 3m/sec entsprechen.

Best Available Copy

1

5      Erfindungsgemäße Fühleinrichtungen können vielfältige Anwendungen haben. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Wärmemengenzähler. Ein Ausführungsbeispiel eines Wärmemengenzählers ist in Fig. 8 dargestellt.

10     Es ist eine Heizungsanlage eines Gebäudes vorhanden, von der nur die Vorlaufleitung 50 und die Rücklaufleitung 51 und ein vom Heizungswasser durchströmter Wärmetauscher 52 dargestellt sind. Die Vorlauftemperatur des Heizungswassers wird mittels eines Temperaturfühlers 24, der dem Temperaturfühler 24 nach Fig. 1 entsprechen kann, gefühlt. Die Rücklauftemperatur des Heizungswassers wird mittels eines anderen Fühlers 53 gefühlt und die Differenz zwischen Vorlauftemperatur und Rücklauftemperatur in einem Differenzglied 54 gebildet. Der Durchfluß, und zwar hier der Massenstrom des Heizungswassers, wird mittels einer Einrichtung nach Fig. 1 gemessen, von der die Sonde 15 angedeutet ist. Der Block 55 umfaßt die Komponenten 20, 21, 23, 41, 41', 42, 43, 43' der Fig. 1. Der Ausgang des Speichers 43' bildet den Ausgang dieses Blockes 55 und wird in ein Multiplikationsglied 45 eingegeben, das die im Differenzglied 54 gebildete Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauftemperatur und der Rücklauftemperatur mit dem vom Speicher 43' ausgegebenen momentanen Durchfluß multipliziert. Der Multiplikationswert entspricht der momentanen Wärmeabgabe der Heizungsanlage in Fig. 8, und es wird dann angenommen, daß der Durchfluß D bis zu seiner nächsten Messung für die Durchführung der Multiplikation im Glied 45 konstant bleibt. Es

35

Best Available Copy

1

5 wird dann in vorbestimmten konstanten Zeitabständen oder durch einen Zufallsgenerator oder auf sonstige Weise gesteuerten Zeitabständen jeweils der Durchfluß D mittels der Einrichtung 15, 55 neu gemessen, berechnet und gespeichert und in das Multiplikationsglied 45 eingegeben. 10 Der Ausgang des Multiplikationsgliedes 45 wird in einen Integrator 56 eingegeben, der ihn zeitlich integriert.

15 Die hierdurch im Integrator 56 gezählte Wärmemenge wird mittels eines Zählwerks 57 angezeigt, wo sie also abgelesen werden kann.

20 In den Fig. 9 und 10 sind noch zwei andere Anordnungen einer Sonde 15 gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfahrung dargestellt. In Fig. 9 ist die Sonde 15 in die Wandung eines das betreffende Fluid leitenden Rohres 10 eingesetzt und allseitig, mit Ausnahme ihrer vom Fluid bespülten Längsseite 58, durch eine Wärmeisolation 57' gut wärmeisoliert, so daß die in sie durch die in ihrem Inneren befindliche Wärmequelle einleitbare Wärme jeweils praktisch vollständig in das Fluid abfließt. 25

30 Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 befindet sich der Körper 13' aus Kunststoff geringer Wärmeleitfähigkeit der Sonde 15 in einer Wärmeisolation 57' im Abstand von dem im Rohr 10 strömenden Fluid außerhalb des Rohres 10. Der Körper 13' ist jedoch mit dem Fluid durch eine metallische Wärmeleitbrücke 59 der

35

Best Available Copy

6 Sonde 15 verbunden, deren freies Stirnende 60 vom Fluid bespült wird. Im Übrigen ist diese in gutem wärmeleitendem Kontakt mit dem Körper 13' stehende Brücke 59 ebenfalls durch die Wärmeisolation 57' umfangs-  
10 seitig wärmeisoliert, so daß auch hier die gesamte oder nahezu gesamte in die Sonde durch ihre Wärmequelle ein-  
leitbare Wärme in das Fluid abfließen kann.

10 10 In Fig. 3 ist eine andere Ausführungsform einer Sonde 15 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Sie besteht aus zwei an einer Strebe 14 befestigten Halbkugeln 37 aus Kunststoff oder dergl. re-  
15 lativ geringer Wärmeleitzahl, die durch ein als metalli-  
scher Wärmeleiter 39 dienendes dünnes Metallplätt-  
chen aus gut wärmeleitendem Metall, vorzugsweise aus Kupfer, miteinander verbunden sind. Dieses Plättchen 39 kann zweckmäßig etwas über die Halbkugeln 37 hinaus.  
20 20 in das Fluid vorstehen. In der einen Halbkugel 37 ist die Wärmequelle 16 und in der anderen Halbkugel 37' der für das Fühlen des Sondentemperaturverlaufes erforderliche Sondentemperaturfühler 17 eingebettet. Falls die Gefahr besteht, daß sich an dieser Sonde Schmutz ab-  
25 setzt, der den Wärmeübergang zwischen ihr und dem Fluid verändern könnte, kann diese Sonde 15 mit einer dünnen schmutzabweisenden Schicht überzogen sein.

30 Dies gilt auch für die Sonde nach Fig. 1. Das Plättchen 39, von dem die Wärmequelle 16 und der Fühler 17 nur geringe Ab-  
stände haben, bewirkt besonders starke Abhängigkeit der Sondentemperaturverläufe von v bzw. D.

Best Available Copy

1

5 Um die pro Fühlvorgang aufzuwendende Heizenergie noch weiter zu verringern und ggfs. die Temperaturspreizung der Sondentemperaturverläufe noch weiter zu vergrößern, kann auch vorgesehen sein, die beiden Halbkugeln 37 durch äußere Wärmeisolierungen wärmezuisolieren, nicht  
10 jedoch den in das Fluid überstehenden Bereich des metallischen Wärmeleiters 39, so daß die bei einem einzelnen Fühlvorgang von der Wärmequelle 16 in das Fluid strömende Wärme im wesentlichen oder ausschließlich nur durch den metallischen Wärmeleiter 39 hindurch in das Fluid gelangen kann. Ein kleiner Teil der Wärme kann ggfs. auch durch die elektrischen Leitungsdrähte nach außen abfließen, die dem elektrischen Anschluß der Wärmequelle 16 und des Temperaturfühlers 17 dienen, was jedoch, falls erwünscht, auch ganz oder im wesentlichen verhindert werden kann, bspw. durch sehr dünne Leitungsdrahtstücke, durch ihr Verlegen durch das Fluid hindurch od. dergl., was die Meßgenauigkeit erhöht.  
15 Anstatt die Teile 37 der Sonde nach Fig. 3 halbkugelförmig zu gestalten, können auch andere Gestaltungen vorgesehen sein, bspw. oft zweckmäßig ungefähr quaderförmige Gestaltungen oder dergl.  
20 Zu dem Diagramm nach Fig. 5 sei in bezug auf die Einrichtung nach Fig. 1 noch erläutert, daß bei der Auswertung des Kennlinienfeldes gemäß Fig. 5 die bei einem Fühlvorgang zu messende Zeitdauer, wie z.B.  
25  $t_1 - t_e$ , die bis zum jeweiligen Erreichen der Sonden-temperatur  $T_1$  bzw.  $T_2$  oder einer sonstigen vorbestimmten Sondentemperatur vergeht, durch ein in Fig. 1 strichpunktiert eingezeichnetes gesondertes  
30

35

Best Available Cop,

1

6 Zeitmeßglied 28 erfolgen kann, das durch die Zeit-  
schaltvorrichtung 21 gleichzeitig mit dem Schalter 20  
eingeschaltet und vom Temperaturdifferenzglied 41 bei  
Erreichen der betreffenden Sondentemperatur, wie z.B.  
10  $T_1$ , wieder ausgeschaltet wird und dann die von ihm jeweils  
abgemessene Zeitspanne in den Rechner 42 eingibt  
und dann für die nächste Zeitmessung auf Null zurück-  
gestellt wird.

15 Der Rechner 42 bildet zusammen mit dem Kennlinienfeld-  
geber 43 einen Auswerter der in ihn eingegebenen Daten.

20 Die Einrichtungen nach diesen Ausführungsbeispielen  
lassen sich für recht große Strömungsgeschwindigkeits-  
bereiche des Fluids insbesondere von Flüssigkeiten,  
einsetzen. So können sie bei den in Heizungsvorlaufleit-  
ungen oder -rücklaufleitungen von Heizungen üblichen Strö-  
mungsgeschwindigkeiten des Heizungswassers ohne weite-  
res eingesetzt werden. Diese Strömungsgeschwindigkeiten  
betrugen hier im allgemeinen etwa 0,1 bis 2 m/sec.  
25 Doch lassen sich mit erfindungsgemäßen Einrichtungen  
auch noch kleinere oder noch größere Strömungsge-  
schwindigkeiten messen, sofern sie noch auswertungs-  
fähige Kennlinienfelder oder Kennlinien ergeben.

30 In Fig. 6 sind die durch die gemessenen Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$   
ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten  $v$  bzw. Durch-  
flüsse des Fluids mit  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  bzw.  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  be-  
zeichnet.

35

Best Available Copy

1

5 Kennlinien ähnlich der nach Fig. 6 kann man auch aus  
dem Diagramm nach Fig. 4 ableiten. Wenn bspw. die Son-  
denter temperatur  $T_s$  stets zum Zeitpunkt  $t_b$  ermittelt wird,  
dann kann man, wie es Fig. 14 an einem Beispiel zeigt,  
10 eine Kennlinie 33' von v bzw. D als Funktion von  $T_s$   
in ein Diagramm eintragen, dessen Abszisse  $T_s$  und dessen  
Ordinate v bzw. D ist, wobei  $t_b = \text{konst.}$  und  $t_e = 0$  gesetzt ist.  
Auch für andere Zeitpunkte, wie z.B.  $t_a$  oder  $t_c$  können  
natürlich solche Kennlinien aufgestellt werden. Wenn  
15 bei der Einrichtung nach Fig. 1 bei der Auswertung  
nur von einer einzigen Kennlinie, wie bspw. 33 oder 33'  
der Fig. 6 bzw. 14, Gebrauch gemacht wird, genügt es,  
diese im Speicher 43 zu speichern.

20 Da die Erfindung Strömungsgeschwindigkeiten messen lässt,  
kann sie auch dazu verwendet werden, die Fahrgeschwin-  
digkeit von Wasserfahrzeugen durch Messung ihrer Rela-  
tivgeschwindigkeit zum Wasser mittels an ihnen ange-  
ordneten erfindungsgemäßen Einrichtungen gemäß einer  
Weiterbildung der Erfindung zu ermitteln.

25 Die in Fig. 11 längsgeschnitten dargestellte Sonde 15  
weist einen massiven blockförmigen Körper 13 aus  
einem Kunststoff schlechter Wärmeleitfähigkeit auf,  
der ein elektrischer Isolator ist und der an einer  
30 Strebe 14 befestigt ist, die ihn im Rohr 10 trägt, von  
dem nur ein Wandausschnitt dargestellt ist. In die-  
sen Körper 13 ist eine Metallgabel als metallischer  
Wärmeleiter 39 wie dargestellt eingebettet. Dem einen  
Gabelarm 73 dieser Metallgabel 39 liegt in geringem

35

Best Available Copy

1

5 Abstand außenseitig ein als Wärmequelle 16 dienender elektrischer Heizwiderstand und dem anderen Gabelarm 73' in geringem Abstand außenseitig ein Temperaturföhler 17 zum Fühlen der Sondentemperatur gegenüber. Der Heizwiderstand 16 wie auch dieser Temperaturföhler 17 sind in den Körper 13 eingebettet. Die Metallgabel 39  
10 ist fast ganz in den Körper 13 eingebettet. Sie bildet jedoch mit dem freien Ende ihres Gabelfußes 71 einen metallischen stufenförmigen Absatz 72 der sich in Strömungsrichtung des Fluids erstreckenden unteren Wand der Sonde 15, welcher stufenförmige Absatz 72 der Strömungsrichtung (Pfeil A) des Fluids entgegengerichtet ist, so daß die Strömung das Metall dieses Absatzes 72 direkt beaufschlägt. Hierdurch wird die Kühlung der Gabel, solange ihre Temperatur durch das Beheizen mittels des Heizwiderstandes 16 über der Fluidtemperatur liegt, von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Durchfluß des Fluids im Rohr besonders stark abhängig. Und zwar wird, wie auch in den anderen Ausführungsbeispielen, der Heizwiderstand 16  
15 ab Beginn eines Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids so beheizt, daß er in die Sonde 15 in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heizleistung Wärme liefert, die wegen des geringen Abstandes des Heizwiderstandes 16 vom gegenüberliegenden Gabelarm 73 praktisch  
20 vollständig in diesen Gabelarm 73 und durch diesen Gabelarm 73 hindurch unter Aufspaltung in zwei Strömungswege sowohl in den anderen Gabelarm 73' als auch zum  
25  
30

36

best Available Copy

1

5 an dem Absatz 72 freiliegenden Bereich oder nur durch  
eine dünne Schutzschicht gegen Verschmutzung geschützten  
Bereich des Fußes der Metallgabel 39 gelangt, welcher Be-  
reich von dem Fluid direkt angestrahlt wird. Der Tem-  
peraturfühler 17 fühlt die Temperatur des Körpers 13  
10 in geringem Abstand gegenüber dem Gabelarm 73', wo  
sie stark abhängig ist von v bzw. D. Die jeweils er-  
zeugte Wärme fließt praktisch vollständig in das Fluid  
ab.

15 Diese Sonde ergibt besonders starken Einfluß der  
Parameter v bzw. D auf den Sondentemperaturverlauf  
innerhalb großer Geschwindigkeitsbereiche des Fluids.  
Es ist auch denkbar, in manchen Fällen den Temperatur-  
fühler 17 und/oder den Heizwiderstand 16 unmittelbar  
20 an dem betreffenden Gabelarm 73' bzw. 73 anliegen zu  
lassen.

Anstatt die Wärme- bzw. Kältequelle bzw. -quellen der  
Sonde im Abstand von dem oder den Temperaturfühlern  
25 der Sonde anzutunnen, kann in vielen Fällen zweckmäßig  
auch vorgesehen sein, daß an der Wärme- bzw. Kältequelle  
oder an mindestens einer der Wärme- bzw. Kältequellen  
der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperatur-  
fühler zum Fühlen der Temperatur  $T_a$  unmittelbar ange-  
30 ordnet ist, wie es Fig. 12 am Beispiel einer Sonde 15  
zeigt. Hier ist die Wärmequelle 16 dieser Sonde durch  
ein in einen Kunststoffkörper 13 von ihr eingebettetes  
Heizelement 16 gebildet, das aus einem Keramikkörper 74  
35 mit einem in diesen eingebetteten elektrischen Heiz-  
widerstandsdräht 75

Best Available Copy

1

5 bestehen kann und an der Wandung dieses Heizelementes  
16 ist unmittelbar ein Temperaturfühler 17 zum Fühlen  
der Temperatur  $T_a$ , die hier der Temperatur des  
Heizelementes 16 entspricht, angeordnet.

10 Gegenüber der  
vom Temperaturfühler abgewandten Seite des Heizele-  
mentes 16 ist in den Kunststoff in geringem Abstand  
von dem Heizelement 16 ein wärmeleitendes Metallplätt-  
chen 39 ähnlich wie bei der Ausführungsform nach  
Fig. 3 eingefügt, das über den aus die Wärme schlecht  
15 leitendem Kunststoff bestehenden Körper 13 der Sonde  
15 in das Fluid übersteht. Zur Durchführung jedes  
einzelnen Fühlvorganges von  $v$  bzw.  $v$  wird das Heiz-  
element 16 derart elektrisch erwärmt, daß es eine  
20 vorbestimmte Wärmemenge in vorbestimmter Zeit abgibt  
und/oder die Sonde mit vorbestimmter Heizleistung be-  
heizt zur jeweiligen Erzeugung eines Sondentemperatur-  
verlaufes, der abhängig von  $v$  bzw.  $D$  ist, so daß, wie  
in den vorangehenden Ausführungsbeispielen erläutert,  
25 hierdurch  $v$  bzw.  $D$  ermittelt werden kann. Und zwar  
ergibt sich im Falle der Fig. 12, daß die Eigentempe-  
ratur des Heizelementes 16 während des ansteigenden  
Astes des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes ab-  
hängig ist von  $v$  bzw.  $D$ , weil der Wärmeabfluß von dem  
Heizelement 16 zum metallischen Wärmeleiter 39 um so  
30 größer ist, je größer  $v$  bzw.  $D$  im für deren Messung  
möglichen Geschwindigkeitsbereich des Fluids ist.  
Demzufolge ist die während des elektrischen Erwär-  
mens des Heizelementes 16 auftretende, vom Temperatur-

35

Best Available Copy

1

5 führer 17 gefühlte Temperatur des Heizelementes 16  
um so größer, je kleiner v bzw. D ist, so daß also be-  
reits der ansteigende Ast des jeweiligen Sondentempe-  
raturverlaufs bzw. dessen Maximum für die Identifi-  
zierung dieses Sondentemperaturverlaufes und damit  
10 zum Ermitteln von v bzw. D verwendet werden kann.  
Aber auch der jeweils absteigende Ast des Sondentem-  
peraturverlaufes kann für die Ermittlung von v bzw. D  
herangezogen werden, da der während eines einzelnen  
15 Fühlvorganges von v bzw. D nach Beendigung des elektri-  
schen Beheizens des Heizelementes 16 weitere Sonden-  
temperaturverlauf ebenfalls noch für einige Zeit mit  
abhängig von v bzw. D ist.

20 Es ist sogar möglich, daß die Wärmequelle bzw. ggf.  
auch die Kältequelle gleichzeitig selbst einen Tem-  
peraturfühler zum Fühlen der Sondentemperatur oder  
einer für die Bildung der Sondentemperatur mit ver-  
wendeten Temperatur bildet. Dies ist bspw. zweckmäßig  
mittels eines Hezwiderstandes möglich, dessen ohm'-  
scher Widerstand von seiner Temperatur abhängig ist.  
25 Ein Ausführungsbeispiel einer hierfür geeigneten Vor-  
richtung ist in Fig. 13 dargestellt. Die Sonde 15  
weist wiederum einen Kunststoffkörper 13 aus schlecht  
30 wärmeleitendem Material mit einem eingesetzten plätt-  
chenförmigen metallischen Wärmeleiter 39 auf, welcher  
etwas über den Kunststoffkörper 13 hinaus in das Fluid  
35 hineinragt. In geringem Abstand gegenüber diesem  
Wärmeleiter 39 ist in den Kunststoffkörper 13 ein

Best Available Copy

1

5 sowohl als Wärmequelle als auch als Temperaturfühler  
dienender temperaturabhängiger elektrischer Heiz-  
widerstand 76 eingebettet.

10 Zur Durchführung eines jeden einzelnen Fühlvorganges von v bzw. D wird ein von einer Zeitschaltuhr 21 be-  
tätigbarer Schalter 20 für eine vorbestimmte Zeit-  
dauer geschlossen. Dieser Heizwiderstand 76 wird in  
diesem Ausführungsbeispiel mit elektrischem Strom  
aus einer konstanten elektrischen Leistung liefernden  
15 elektrischen Energiequelle 77 gespeist, und zwar  
über einen Umschalter 78, der, gesteuert durch einen  
Taktgenerator 79, den Heizwiderstand 76 abwechselnd  
an diese elektrische Energiequelle 77 und an eine  
elektrische Sondentemperaturmeßvorrichtung 80 anlegt.  
20 Die elektrische Meßvorrichtung 80 mißt, wenn sich  
der Umschalter 78 in der gestrichelten Stellung befindet,  
außer  $T_f$  auch den elektrischen Widerstand des  
Heizwiderstandes 76 und damit dessen Eigentemperatur.  
25 In der anderen Stellung des Umschalters 78 wird die-  
ser Heizwiderstand 76 mit konstanter elektrischer  
Leistung zur Abgabe konstanter Wärmeleistung in die  
Sonde 15 gespeist. Die Meßvorrichtung 80 kann  $T_a - T_f$   
als Sondentemperatur bilden.  
30 Zur Durchführung eines Fühlvorganges wird der Schal-  
ter 20 geschlossen und der Umschalter 78 zuerst in  
die Beheizen des Heizwiderstandes 76 bewirkende  
Schaltstellung für eine vorbestimmte Zeitdauer ein-  
geschaltet, bspw. für 10 Millisekunden, und an-

35

Best Available Copy

schließend wird eine Messung von  $T_s = T_a - T_f$  unter Messung des ohm'schen Widerstandes und damit der Temperatur  $T_a$  des Heizwiderstandes durch Um-

schalten des Schalters 78 in seine gestrichelte Stellung durchgeführt. Die Zeitdauer dieser Temperaturmessung kann zweckmäßig vorzugsweise gleich oder kleiner sein als die Zeitdauer, in der sich der Umschalter 78 in der vorangegangenen, dem Beheizen der Sonde dienenden Schaltstellung befand. Bspw. kann die Temperaturmessung nur eine Millisekunde dauern, und es wird dann schließlich wieder auf die dem Beheizen des Heizwiderstandes 76 dienende Schaltstellung des Umschalters 78 bspw. für 10 Millisekunden umgeschaltet. Dieses Umschalten von der Heizstellung in die Temperaturmeßstellung des Schalters 78 erfolgt zyklisch. Dies kann also bspw. so durchgeführt werden, daß jeweils 10 Millisekunden beheizt wird, dann eine Millisekunde lang die Temperaturmessung durchgeführt wird,

danach wieder 10 Millisekunden beheizt, danach wieder eine Millisekunde lang die Temperaturmessung durchgeführt wird usw. Dies erfolgt so lange, wie eine Beheizung der Sonde 15 zur Durchführung eines einzelnen Fühlvorganges von v bzw. D vorgesehen ist. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 würde sich also dieses alternierende Umschalten des Schalters von seiner Heizstellung in seine Temperaturmeßstellung vom Anfangszeitpunkt  $t_e$  bis  $t_a$  erstrecken. Oder es ist auch möglich, bei jedem Fühlvorgang nur

1

5 einmal die Temperatur  $T_s$  zu messen, wenn diese nämlich  
nur an einem bestimmten Zeitpunkt, z.B.  $t_a$  oder  $t_b$  oder  
 $t_c$  (Fig. 4), des einzelnen Fühlvorganges benötigt wird.  
In dem Ausführungsbeispiel gemäß den strichpunktiert  
absteigenden Kurvenästen, der Fig. 5 kann abwechseln-  
10 des Umschalten des Schalters 78 zwischen Beheizen des  
Heizwiderstandes und Durchführung einer Temperaturmessung so  
lange erfolgen, bis die letzte Temperaturmessung Er-  
reichen oder überschreiten von  $T_1$  ergab und anschließend  
wird nur noch die Temperatur bis Erreichen von  $T_2$  gefühlt.  
15 Es ist auch denkbar, den Heizwiderstand bzw. den Tem-  
peraturfühler direkt an den metallischen Wärmeleiter  
in Kontakt mit ihm anzuordnen, wenn dies die Verhältnisse  
zulassen.

mit

20 Auch kann die Sonde ggfs. mehrere Temperaturfühler  
aufweisen, bspw. in Fig. 3 noch einen zweiten, strich-  
punktiert dargestellten Temperaturfühler 17, wobei  
dann die Temperatur  $T_a$  einem Mittelwert der von  
ihnen gefühlten Temperaturen entspricht.

25

Anstatt, wie anhand der Fig. 4 bis 7 an Ausführungsbei-  
spielen beschrieben, aus einer einzelnen, punktförmigen  
30 Stelle des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes  
diesen jeweiligen Sondentemperaturverlauf zu identi-  
fizieren und hierdurch dessen Parameter  $v$  bzw.  $D$  und  
damit die momentane Strömungsgeschwindigkeit bzw. den  
momentanen Durchfluß des Fluids während des be-  
treffenden einzelnen Fühlvorganges zu ermitteln, kann

35

Best Available Copy

1

hierzu auch mindestens ein mehr oder weniger großer Bereich des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes oder der gesamte jeweilige Sondentemperaturverlauf herangezogen werden. So erfaßt der Temperaturgradient  $\Delta T / \Delta t$  in Fig. 4 keine punktförmige Stelle der Kurve 30, sondern einen relativ kurzen Bereich dieses zeitlichen Sondentemperaturverlaufes 30 zu dessen Identifikation und damit zum Erkennen der momentanen Parameter v bzw. D und damit zum Ermitteln dieser Werte v bzw. D während des betreffenden Fühlvorganges. Oder es kann aus mehreren punktförmigen Stellen und/oder Bereichen des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes oder seiner gesamten Kurve auf den momentanen Wert von v bzw. D geschlossen werden, bspw. durch mehrfache Ermittlung von v bzw. D und dessen Mittelwertbildung. Der oder die mindestens eine Stelle und/oder mindestens eine Bereich eines Sondentemperaturverlaufes, aus dem in solchen Fällen dieser Sondentemperaturverlauf zur Ermittlung seines Parameters v bzw. D identifiziert wird, können auf dem ansteigenden und/oder absteigenden Ast des Sondentemperaturverlaufes liegen. Es ist auch möglich, auch auf andere Weise einen oder mehrere Bereiche des jeweiligen zeitlichen Sondentemperaturverlaufes zur Identifikation seines Parameters v bzw. D und damit zum Ermitteln des während des betreffenden Fühlvorganges vorliegenden Wertes v bzw. D einzusetzen. So kann bspw. mindestens ein mehr oder weniger großer Abschnitt des jeweiligen Sondentemperaturverlaufes bspw. im Diagramm nach Fig. 4 ein von  $t_e$  bis  $t_a$  oder von  $t_b$  bis  $t_c$  oder von  $t_a$  bis  $t_c$  reichender oder ein anderer geeigneter Abschnitt auf seiner ganzen Länge oder durch mehrere oder viele Punkte seines betreffenden Bereiches zur Identifikation des betreffenden Sondentemperaturverlaufes und damit zum Ermitteln von v bzw. D herangezogen werden. Zu diesem Zweck kann man bspw. im Kenn-

Best Available Copy

1

linienspeicher 43 (Fig. 1) die zur Identifikation  
6 vorgesehenen Bereiche einer Vielzahl oder Mehrzahl  
von Sondentemperaturverläufen speichern und den je-  
weils gefühlten Verlauf des betreffenden Abschnittes  
des Sondentemperaturverlaufs mit den gespeicherten  
10 Abschnitten zur Identifizierung des momentanen Sonden-  
temperaturverlaufes und damit von dessen Parameter v  
bzw. D vergleichen.

In Fig. 15 ist eine Sonde 15 gemäß einem weiteren  
Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Diese  
15 weist ein kreiszylindrisches Metallrohr 82 auf, auf  
dessen Umfang elektrisch isoliert eine Heizwicklung 81  
als Wärmequelle aufgebracht ist, die gleichzeitig auch  
als Temperaturfühler für  $T_a$  dient, indem sie aus tempera-  
tur-abhängigem Widerstandsdräht besteht. Diese Heiz-  
wicklung ist nach außen durch eine Wärmeisolation 83  
20 wärmeisoliert. Der Temperaturfühler kann ggf. auch  
getrennt von der Heizwicklung 81 als gesonderter Tem-  
peraturfühler vorgesehen sein. Diese Sonde 15 ist im Rohr  
10 für das Fluid 14 koxial angeordnet. Man kann oft auch auf  
25 den Temperaturfühler 17 für die Fluidtemperatur  $T_f$  verzichten, insbesondere dann, wenn man die Sondentem-  
peratur  $T_a$  auf  $T_f$  zu Anfang des jeweiligen Fühlvorganges  
vorhanden voraussetzt. In  
30 den dargestellten Ausführungsbeispielen wäre dann  $T_{ao} = T_f$  zum Zeitpunkt  $t_0$ . Dies kann z.B. oft dann zweck-  
mäßig vorgesehen werden, wenn die Fühlvorgänge stets  
in so großen Zeitabständen erfolgen, daß bei Beginn  
eines jeden Fühlvorganges stets  $T_{ao} = T_f$  ist. Man kann  
dann die vom Fühler 17 zu Beginn eines Fühlvorganges  
35 gefühlte Temperatur  $T_{ao}$  der Fluidtemperatur  $T_f$

Best Available Copy

1      gleichsetzen - in welchem Fall der Temperaturfühler 24  
5      oft auch ganz weggelassen werden kann - und diese An-  
      fangstemperatur  $T_{ao}$  bspw. in einen in Fig. 1 strich-  
      zweipunktiert eingezeichneten Speicher 49, dessen Inhalt  
10     vorher gelöscht wurde, zu Beginn eines jeden Fühlvor-  
      ganges eingeben und mit diesem gespeicherten Wert  $T_{ao}$  die  
      während dieses Fühlvorganges später im Speicher 41' gespeicherte Temperaturdifferenz  $T_s = T_a - T_{ao}$  bilden.  
15     Solches kann man oft zweckmäßig auch dann vorsehen, wenn  $T_{ao}$  von der Fluidtemperatur abweicht, vorzugsweise dann, wenn diese Abweichung konstant ist oder der auf  $T_{ao}$  bezogene Sondentemperaturverlauf nicht störend abhängig ist von  $T_{ao} - T_f$ .

15     In allen Ausführungsbeispielen ist die Sondentemperatur  $T_s$  auf die jeweilige Fluidtemperatur  $T_f$  bzw. auf  $T_{ao}$  bezogen. Falls  $T_f$  als Bezugstemperatur sich während des einzelnen Fühlvorganges ändert, liegt dann also während des betreffenden Fühlvorganges keine konstante Bezugstemperatur vor. Dies kann sich vorteilhaft auf die Meßgenauigkeit auswirken. Es ist in vielen Fällen auch möglich und zweckmäßig, die Sondentemperatur  $T_s$  bei dem einzelnen Fühlvorgang auf eine andere konstante oder 25     nicht konstante Bezugstemperatur zu beziehen, bspw. auf die zu Beginn der Beheizung oder Kühlung vorliegende Fluidtemperatur oder  $T_{ao}$ . Oder es kann in manchen Fällen die Bezugstemperatur der Gefrierpunkt von Wasser sein. Eine nicht konstante Bezugstemperatur kann insbesondere auch dazu vorgesehen sein, um während des betreffenden Fühlvorganges auftretende Störgrößen, z.B. sich sehr rasch ändernde Fluidtemperatur, in ihrer Auswirkung auf die Meßgenauigkeit ganz oder zum Teil zu kompensieren.

35     Best Available Copy

1

5 Die Sonde 15 nach Fig. 16 und 18 weist einen kreis-  
zylindrischen Hohlkörper 61 aus schwach wärmeleitendem  
Kunststoff auf, der in die Wandung eines Leitungsrohres  
10 eingesetzt ist und in das dieses Leitungsrohr durch-  
strömende Fluid , dessen Strömungsgeschwindigkeit v  
15 bzw. Durchfluß D mittels dieser Sonde 15 zu fühlen ist,  
hineinragt, so daß dieses Fluid die Sonde 15 anströmt.

Der Hohlkörper 61 weist einen sich im wesentlichen über  
15 die Höhe seines in den Innenraum des Rohres 10 hineinragenden  
Bereiches erstreckenden, gegen das Fluid, sowie durch  
einen wärmeisolierenden Boden 68 auch nach außen  
völlig abgeschlossenen Innenraum 62 auf, an dessen  
20 Innenumfangswand nahe der im Fluid befindlichen Decke  
63 dieser Sonde 15 ein Bügel 64 aus gut wärmeleitendem  
Metall, vorzugsweise aus Kupfer formschlüssig fest ange-  
ordnet ist, der sich über etwas mehr als 90° dieser  
25 kreiszylindrischen Innenumfangswand erstreckt, so daß  
er in gutem wärmeleitenden Kontakt mit der relativ  
dünnen, vom Fluid aussenseitig benetzten Umfangs-  
wandung des Hohlkörpers 61 steht.

An dem einen Längsende dieses kreisbogenförmig gekrümmten  
Bügels 64 ist ein vorzugsweise ebenfalls aus Kupfer oder  
30 einem anderen gut wärmeleitendem Metall bestehender,  
streifenförmiger Träger 65 in gutem Kontakt mit dem  
Bügel 64 formschlüssig fest angeordnet, dessen vom Bügel  
64 abstehender flacher Schenkel 66 sich im wesentlichen

35

Best Available Copy

1

5      Über die Breite und Höhe einer ebenen Seitenfläche  
      eines die Sondentemperatur fühlenden Temperaturfühlers  
      17 erstreckt, an welcher Seitenfläche dieser Schenkel 66  
      formschlüssig in gut wärmeleitendem Kontakt anliegt.  
10     Dieser Temperaturfühler 17 ist in diesem Ausführungs-  
      beispiel als ein mindestens einen temperaturempfindlichen  
      Transistor oder mindestens ein anderes temperaturempfind-  
      liches Element aufweisender integrierter Schaltkreis (IC)  
      ausgebildet, dessen Anschlußdrähte 67 durch den Boden 68  
15     des Hohlkörpers 61 aus dessen Innenraum 62 nach außen  
      herausgeführt sind.

20     Am anderen Längsendbereich des Bügels 64 ist ein drahtförmiger, steifer Träger 69 aus ebenfalls die Wärme gut  
      leitendem Metall wie dargestellt angelötet, an dessen  
      vom Bügel 64 im Abstand befindlichen freien Ende ein  
      als Wärmequelle 16 dieser Sonde 15 dienender Transistor  
      in gut wärmeleitendem Kontakt befestigt ist, dessen  
      Anschlußdrähte 70 ebenfalls durch den Boden 68 nach  
      außen aus dem Hohlraum 62 herausgeführt sind. Auch diese  
25     Sonde liefert hervorragende Sondentemperaturverläufe,  
      die sich über große Bereiche von v und D auf die ihnen  
      jeweils zugeordneten Werte von v und D leicht und genau  
      auswerten lassen. Es fließt bei jedem Fühlvorgang  
      praktisch die gesamte Wärme in das Fluid. Dies trifft  
30     auch auf die Sonde 15 nach den Fig. 17 und 19 zu.

35     Diese Sonde 15 nach Fig. 17 und 19 weist einen Sonden-  
      körper 84 aus Wärme schwach leitendem Kunststoff auf,  
      der wie dargestellt mit einem nach außen durch eine Wärme-  
      isolation 88 wärmeisolierten Zapfen 85, mittels dem er  
      in einem

Best Available Copy

1

5 vom Fluid, dessen Werte v bzw. D zu fühlen sind, durchströmten Leitungsrohr 10 in dieses Fluid hineinragend gehalten ist. In diesen Sondenkörper 84 ist als Temperaturfühler 17 für die Sondentemperatur ein temperaturabhängiger, integrierter Schaltkreis (IC) 10 eingebettet, der mit einem als Wärmequelle 16 dieser Sonde 15 dienenden elektrischen Heizdraht umwickelt ist. Die Anschlußdrähte des Temperaturfühlers 17 und des Heizdrahtes 16 sind durch den Zapfen 85 hindurch nach außen herausgeführt.

15 A # 16  
in den Ausführungsbeispielen ist die Wärmequelle 16 jeweils innerhalb der Sonde 15 angeordnet, was besonders zweckmäßig ist. Es ist jedoch auch denkbar, in manchen Fällen die Wärmequelle bzw. mindestens eine Wärmequelle 20 bzw. mindestens eine Kältequelle an der Sonde randseitig anzuordnen.

25 Damit kein unkontrollierter Wärmefluß in die Sonde hinein und aus ihr heraus die Meßgenauigkeit stören oder vermindern kann, ist es zweckmäßig, wenn die von der mindestens einen Wärmequelle bzw. Kältequelle in die Sonde eingeleitete bzw. ihr entzogene Wärme jeweils vollständig oder im wesentlichen in das Fluid einströmt, bzw. aus dem Fluid in die Sonde einströmt. Dies kann 30 durch geeignete Wärmeisolierung der Sonde oder ihre Anordnung innerhalb des Fluids unschwer erreicht werden. Die elektrischen Leitungsdrähte für den Temperaturfühler und die Wärme- oder Kältequelle können unter Umständen einen kleinen Teil der von der Wärmequelle oder Kältequelle erzeugten bzw. abgeführten Wärme am Fluid vorbei

Best Available Copy

1

5 nach außen oder von außen in die Sonde einleiten, doch kann dieser stets problemlos sehr klein gehalten werden, und zwar ohne weiteres vernachlässigbar klein, bspw. u.a. auch dadurch, daß die Leitungsdrähte durch das Fluid hindurch geführt sind und dessen Temperatur  
10 annehmen. Auch kann in vielen Fällen ein Wärmefluß zwischen der Sonde und außen während des einzelnen Fühlvorganges in Kauf genommen werden, wenn die Außen-temperatur, also bspw. die Umgebungstemperatur einer das Fluid führenden Leitung ungefähr konstant ist oder hier vorhandene Temperaturschwankungen klein gegenüber den durch die Wärmequelle bzw. Kältequelle erzeugten Sondentemperaturen sind oder hierdurch verursachte  
15 Meßfehler in Kauf genommen werden können oder sich bei über längere Zeiträume, z.B. eine Heizperiode, andauernden Wärmemengenmessungen im Mittel ungefähr herausheben.

20

25

30

5

Best Available Copy

1

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit eines Fluids, vorzugsweise einer Flüssigkeit, und/oder des Durchflusses eines Fluids durch eine Leitung oder dgl., wobei das Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids diskontinuierlich in einzelnen, Zeit beanspruchenden Fühlvorgängen erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der einzelne Fühlvorgang mit Hilfe einer Sonde erfolgt, die von dem Fluid angeströmt wird, welche Sonde mindestens eine Wärmequelle bzw. Kältequelle aufweist, die in wärmeleitender Verbindung mit dem an die Sonde angrenzenden Fluid steht, wobei ferner die Sonde zur Ermittlung einer Sonden-temperatur mindestens eine Stelle aufweist, deren Temperatur mittels eines Temperaturfühlers gefühlt werden kann, und daß zur Durchführung eines einzelnen Fühlvorganges der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses der Sonde durch ihre mindestens eine Wärmequelle bzw. Kältequelle in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Heiz- bzw. Kühlleistung Wärme zugeführt bzw. entzogen wird, derart, daß die Sondentemperatur infolge des während des betreffenden Fühlvorganges zwischen der Sonde und dem Fluid stattfindenden, von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Durchfluß des Fluids abhängigen

35.

BEST AVAILABLE COPY

1

5 Wärmeaustausches einen sich zeitlich ändernden Verlauf -  
nachfolgend Sondentemperaturverlauf genannt - erhält,  
der abhängig ist von der Strömungsgeschwindigkeit  
bzw. dem Durchfluß des Fluids, und daß aus mindestens  
einer Stelle und/oder mindestens einem Bereich dieses  
10 während des einzelnen Fühlvorganges stattfindenden  
Sondentemperaturverlaufes auf die Strömungsgeschwin-  
digkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang nur mittels  
einer einzigen Wärme- bzw. Kältequelle Wärme zugeführt  
bzw. entzogen wird und/oder nur an einer einzigen  
Stelle der Sonde die Sondentemperatur gefühlt wird.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß an mindestens zwei im Abstand voneinander ange-  
ordneten Stellen der Sonde deren Temperatur gefühlt  
und für die der Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit  
bzw. des Durchflusses des Fluids dienende Sondentem-  
peratur ein Mittelwert der Temperaturen dieser Stellen  
25 verwendet wird.

30

35

Best Available Copy

1

5 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeleitende Verbindung zwischen der mindestens einen Wärme- bzw. Kältequelle und dem Fluid durch zwischen dieser Wärme- bzw. Kältequelle und dem Fluid befindliche wärmeleitende Materie der Sonde bewirkt wird.

10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zeitpunkt des Beginns der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang ihre gefühlte Eigentemperatur der Temperatur des Fluids entspricht.

15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zeitpunkt des Beginns der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang die gefühlte Eigentemperatur der Sonde von der Temperatur des Fluids abweicht, vorzugsweise eine vorbestimmte Differenz zwischen dieser Eigentemperatur und der Temperatur des Fluids vorliegt.

20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang durch Zufuhr bzw. Entzug einer vorbestimmten Wärmemenge erfolgt, wobei diese Wärmemenge vorzugsweise konstant oder von mindestens einer Variablen, vorzugsweise der Fluidtemperatur, abhängig sein kann.

25

30

35

Best Available Copy

1

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang mittels eines vorbestimmten zeitlichen Verlaufs der ihrer Beheizung bzw. Kühlung dienenden Heizleistung bzw.
- 10 Kühlleistung erfolgt, vorzugsweise mit konstanter Heiz- oder Kühlleistung.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für den einzelnen Fühlvorgang eine vorbestimmte Zeitdauer und/oder impulsartig durchgeführt wird und/oder die der Erzeugung eines Sondentemperaturverlaufes dienende Heiz- bzw. Kühlleistung abhängig von mindestens einer Variablen, vorzugsweise der Fluidtemperatur ist.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den einzelnen Fühlvorgang auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids aus dem während der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde oder gegen Ende der Beheizung bzw. Kühlung stattfindendem Sondentemperaturverlauf und/oder aus dem nach Beendigung der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde stattfindendem Sondentemperaturverlauf geschlossen wird.
- 25
- 30

35

Best Available Copy

1

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung und/oder Kühlung der Sonde elektrisch erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während eines einzelnen Fühlvorganges aus dem Sondentemperaturverlauf mehrfach die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Durchfluß ermittelt und aus diesen ermittelten Werten der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses ein Mittelwert der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses gebildet wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet; daß bei dem einzelnen Fühlvorgang ab Beginn der Kühlung bzw. Beheizung der Sonde eine vorbestimmte Zeitdauer abgemessen wird und aus der während dieser Zeitdauer stattfindenden Änderung der Sondentemperatur auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei dem einzelnen Fühlvorgang eine vorbestimmte Änderung der Sondentemperatur erfaßt und aus der Zeitdauer, die vom Beginn der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde bis zum Erreichen dieser vorbestimmten Sondentemperaturänderung verstreicht, auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

35

Best Available Copy

1

5 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des Endes der vorbestimmten Sonden-temperaturänderung die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde für diesen Fühlvorgang beendet wird oder daß die Zeitdauer gemessen wird, die ab Beginn der Beheizung bzw. der Kühlung der Sonde bis zum Erreichen einer vorbestimmten Sondentemperatur, die erst zeitlich nach Beendigung der Beheizung bzw. Kühlung auftritt, verläuft und aus dieser Zeitdauer auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

10 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß aus der durch die Beheizung bzw. Kühlung der Sonde ab Beginn der Beheizung bzw. Kühlung bewirkten, während des betreffenden Fühlvorganges auftretenden maximalen Veränderung der Sondentemperatur auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

15 20 25 26 30 35 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß für den einzelnen Fühlvorgang der eine vorbestimmte Zeitdauer nach Beginn der Beheizung bzw. Kühlung der Sonde oder bei einer vorbestimmten Sondentemperatur vorliegende Temperaturgradient  $dT/dt$  bzw.  $\Delta T / \Delta t$ , wo T die Sondentemperatur und t die Zeit ist, des Sondentemperaturverlaufes ermittelt und aus dieser zeitlichen Ableitung oder einer höheren zeitlichen Ableitung des Sondentemperaturverlaufes auf die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluß des Fluids geschlossen wird.

Best Available Copy

1

5 18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zum in vorzugsweise vorbestimmten Zeitabständen erfolgenden Ermitteln der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Fluids dient.

10 19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondentemperatur während des einzelnen Fühlvorganges auf eine konstante oder variable Bezugstemperatur, vorzugsweise auf die momentane Fluidtemperatur bezogen wird.

15 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondentemperatur während des einzelnen Fühlvorganges auf die zu Beginn des Fühlvorganges vorliegende Fluid- oder Sondentemperatur bezogen wird.

20 21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sondentemperatur außer von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. dem Durchfluß noch von mindestens einer weiteren Variablen abhängig ist, die bei der Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses mit berücksichtigt wird.

25 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von der mindestens einen Wärmequelle bzw. Kältequelle in die Sonde eingebrachte Wärme bzw. aus ihr entnommene Wärme vollständig oder im wesentlichen in das Fluid eingeleitet bzw. aus ihm entnommen wird.

30 35

Best Available Copy

1 23. Einrichtung zum Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit und/oder des Durchflusses eines Fluids, vorzugsweise einer Flüssigkeit, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Sonde (15) aufweist, die mindestens eine Wärme- oder Kältequelle (16), die dieser Sonde für den einzelnen Fühlvorgang in vorbestimmter Dosierung und/oder mit vorbestimmter Wärme- oder Kühlleistung Wärme zuführen oder entziehen kann, und mindestens einen Temperaturfühler (17,24) für die Ermittlung der Sondentemperatur aufweist, und daß Auswertemittel (42) zum Ermitteln der Strömungsgeschwindigkeit und/oder des Durchflusses des Fluids aus mindestens einer Stelle und/oder mindestens einem Bereich des während des einzelnen Fühlvorganges stattfindenden sich zeitlich ändernden Sondentemperaturverlaufs vorgesehen sind.

10 24. Einrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Wärme- oder Kältequelle (16) sich in der Sonde (15) befindet.

15 25. Einrichtung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (15) mindestens einen Körper geringer Wärmeleitfähigkeit aufweist, innerhalb dem die mindestens eine Wärme- bzw. Kältequelle und/oder mindestens ein Temperaturfühler (17) angeordnet ist bzw. sind.

20 26. Einrichtung nach Anspruch 23,24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (15) mindestens einen metallischen Wärmeleiter (39) aufweist, der eine wärmeleitende Verbindung vom durch die Wärme- bzw. Kältequelle beheizbaren bzw. kühlbaren Inneren der Sonde bis zum oder bis nahe zum Fluid, dessen

25

30

35

1

5 Strömungsgeschwindigkeit zu messen ist, bewirkt, wobei das Fluid mit diesem Wärmeleiter (39) in Kontakt steht oder von ihm durch eine dünne, wärmedurchlässige Schutzschicht getrennt ist.

10 27. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-26, dadurch gekennzeichnet, daß sie der zahlenmäßigen Messung der Strömungsgeschwindigkeit und/oder des Durchflusses des Fluids dient.

15 28. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-27, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde (15) innerhalb eines dem Leiten des Fluids dienenden Rohres (10) angeordnet ist.

20 29. Einrichtung nach einem der Ansprüche 26-28, dadurch gekennzeichnet, daß der metallische Wärmeleiter (39) der Sonde (15) zwischen der Wärme- bzw. Kältequelle (16) und dem Temperaturfühler (17) der Sonde angeordnet ist.

25 30. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-29, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde in einer Wandung eines dem Leiten des Fluids dienenden Rohres angeordnet ist und mindestens eine von dem Fluid benetzbare Außenfläche aufweist und/oder die Sonde eine die mindestens eine Wärme- bzw. Kältequelle und den mindestens einen Temperaturfühler aufweisenden Körper (13') aufweist, der sich im Abstand von dem Fluid befindet und mit diesem über mindestens eine wärmeleitende Brücke (59) verbunden ist.

30

35

Best Available Copy

1

5 31. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-30, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Zeitmeßvorrichtung (28) und/oder einen Temperaturfühler (24) zum Fühlen der Fluidtemperatur aufweist.

10 32. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-31, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und/oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur in die Sonde (15) eingebettet ist bzw. sind.

15 33. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-32, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur im Abstand von der mindestens einen Wärme- bzw. Kältequelle (16) der Sonde angeordnet ist.

20 34. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-33, dadurch gekennzeichnet, daß an der Wärme- bzw. Kältequelle bzw. an mindestens einer der Wärme- bzw. Kältequellen der Sonde der Temperaturfühler oder mindestens ein Temperaturfühler für die Sondentemperatur zum Fühlen der Eigentemperatur der betreffenden Wärme- bzw. Kältequelle angeordnet ist.

25 35. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-34, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) durch die betreffende Wärme- bzw. Kältequelle (16) mitgebildet ist.

30

35

Best Available Copy

1

5 36. Einrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wärmequelle einen temperaturabhängigen  
elektrischen Heizwiderstand (76) aufweist und daß  
während des einzelnen Fühlvorganges das Beheizen  
10 der Sonde (15) mittels dieses Heizwiderstandes in  
vorbestimmten Zeitabständen jeweils kurzzeitig  
unterbrochen wird zur Durchführung einer dem Fühlen  
von dessen Eigentemperatur dienenden Messung des  
15 ohm'schen Widerstandes des Heizwiderstandes zum  
Ermitteln von dessen Temperatur und damit zur in  
diesen Zeitabständen erfolgenden Ermittlung der  
Sondentemperatur oder einer an der Bildung der  
Sondentemperatur mitwirkenden Temperatur zwecks  
diskontinuierlichen Fühlens des Sondentemperatur-  
verlaufes.

20 37. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-36, dadurch  
gekennzeichnet, daß der metallische Wärmeleiter (39)  
gabelförmig ausgebildet ist und dem einen Gabelarm,  
(73) die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und der  
25 Temperaturfühler (17) an dem anderen Gabelarm (73')  
oder ihm benachbart angeordnet ist und der Wärme-  
austausch, der während des einzelnen Fühlvorganges  
zwischen der Sonde (15) und dem Fluid stattfindet,  
überwiegend, vorzugsweise im wesentlichen durch den  
30 Fuß (71) des Wärmeleiters (39) hindurch stattfindet.

1

5 38. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-37, dadurch gekennzeichnet, daß sie Schaltmittel, vorzugsweise Zeitschaltmittel (20,21), zum Einschalten bzw. Ausschalten der Wärme- bzw. Kältequelle (16) aufweist.

10 39. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-38, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuer- und/oder Regelmittel zum Steuern bzw. Regeln ihrer Heiz- bzw. Kühlleistung und/oder der der Sonde beim einzelnen Fühlvorgang zuzuführenden bzw. zu entziehenden Wärmemenge aufweist.

15 40. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-39, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) der Sonde durch eine temperaturempfindliche, integrierte Schaltung, die vorzugsweise mindestens einen Transistor aufweist, gebildet ist.

20 41. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-40, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturfühler (17) der Sonde mit einem ihre Wärmequelle (16) bildenden Heizdraht umwickelt ist und der Temperaturfühler mit Heizdraht in einen Körper geringer Wärmeleitfähigkeit der Sonde eingesetzt, vorzugsweise eingebettet ist.

25 42. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-41, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärme- bzw. Kältequelle (16) und/oder der Temperaturfühler (17) in einem Hohlraum eines Sondenkörpers (39) geringer Wärmeleitfähigkeit angeordnet ist bzw. sind.

30

35

Best Available Copy

1

5 43. Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-42, dadurch gekennzeichnet, daß stromaufwärts der Sonde (15) oder an einer anderen von der Temperatur der Sonde unbeeinflußten Stelle ein Fühler (24) zum Fühlen der Fluidtemperatur als Bezugstemperatur für die Sondentemperatur angeordnet ist.

10

15 44. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 23-43 für einen Wärmemengenzähler zum in Zeitabständen erfolgenden Fühlen der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Durchflusses des Wärmeträgermediums für die Wärmemengenzählung.

20

25

30

35

Best Available Copy

14

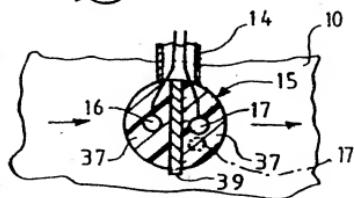
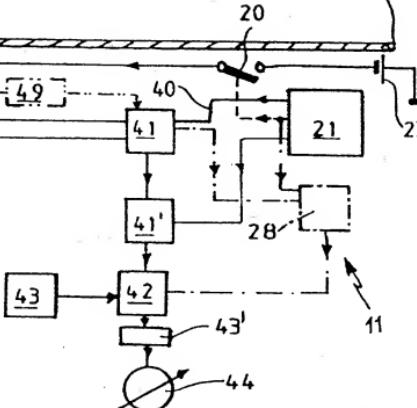
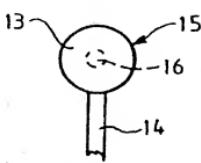
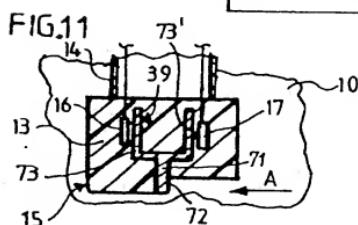
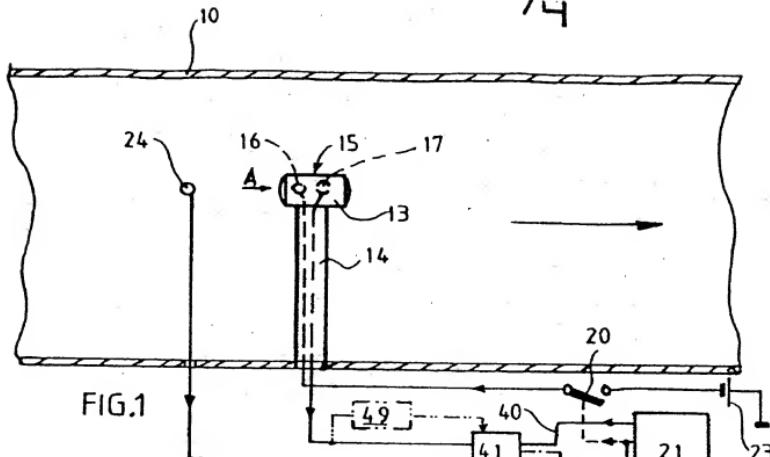


FIG.3

0180974

2/4

FIG.13

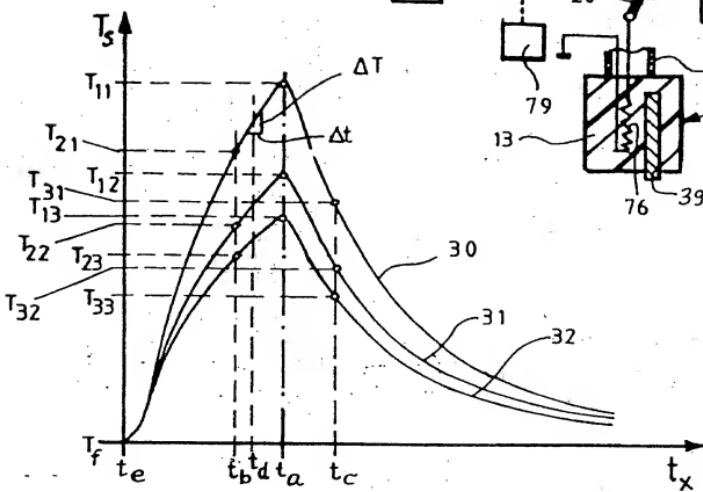
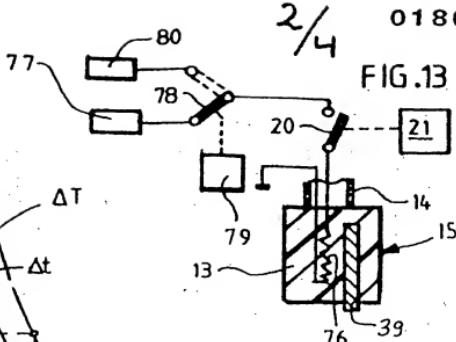


FIG.4

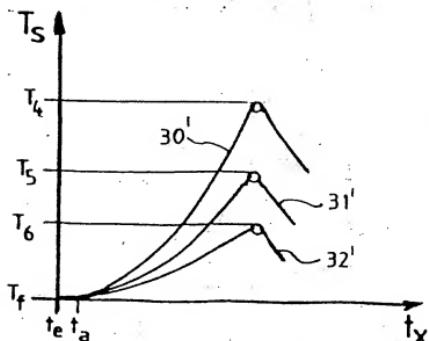


FIG.7

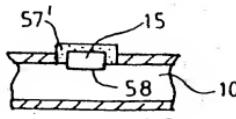


FIG.9

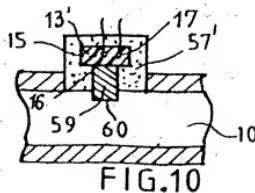
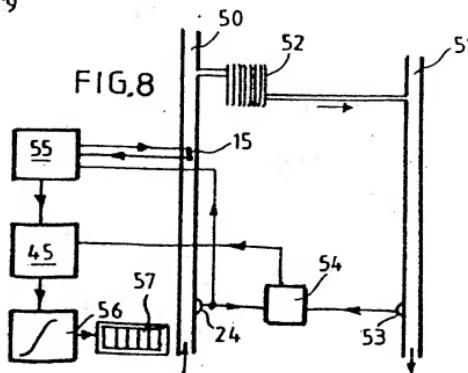
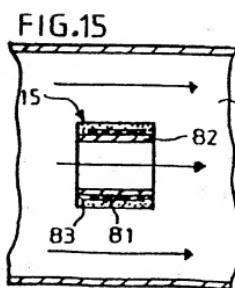
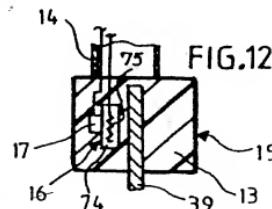
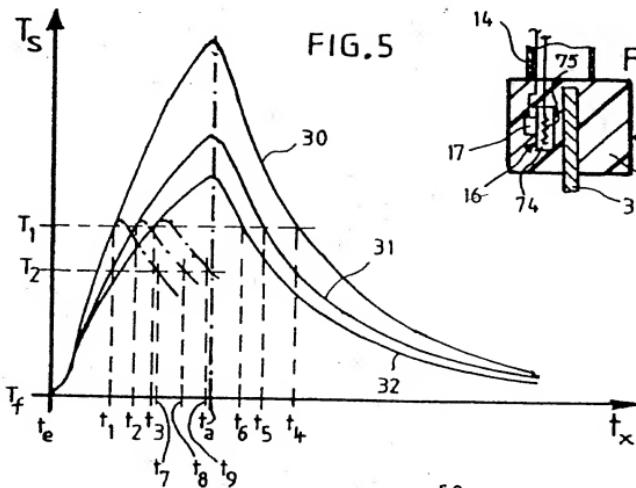
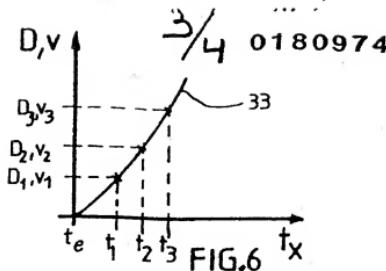
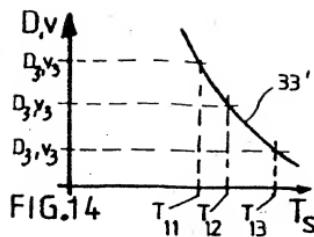


FIG.10

5802

Best Available Copy



5802

Best Available Copy

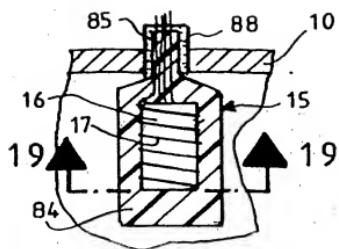


FIG.17

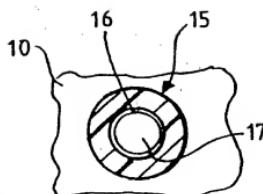


FIG.19

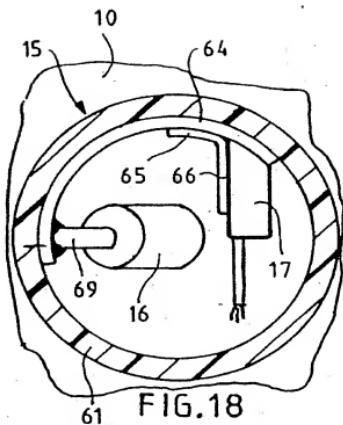


FIG. 18

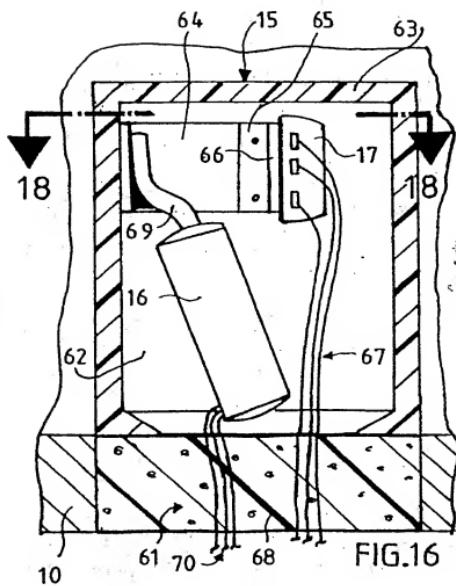


FIG.16

5802

Best Available Copy



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Bereit Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
Y	BE-A- 728 883 (BELGONUCLEAIRE S.A.)	1-3, 5, 6, 8, 10 , 11, 14 , 15, 18 -20, 23 -25, 27	G 01 P 5/10 G 01 F 1/66
Y	* Seite 2, Zeile 19 - Seite 3, Zeile 6; Seite 4, Zeile 24 - Seite 6, Zeile 7; Ansprüche 1,2; Figur *	31-34, 38, 39, 41-44	
Y	EP-A-0 103 150 (TECOVA-AG)	1-3, 5, 6, 8, 10 , 11, 14 , 15, 18 -20, 23 -25, 27	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl. 4)
	* Seite 5, Zeilen 1-7; Seite 11, Zeile 15 - Seite 13, Zeile 26; Seite 15, Zeile 11 - Seite 16, Zeile 3; Figuren 1,2 *		G 01 P G 01 F G 01 K
Y	---	31-34, 38, 39, 41-44	
	---	---	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	27-01-1986	PENZKOFER, B.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN			
X	von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y	von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A	technischer Hintergrund	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O	nichtschriftliche Offenbarung	8 : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
P	Zwischenliteratur		
T	der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		

best Available Copy



Seite 2

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

2020 EPA Form 1503 03 02

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN von besonderer Bedeutung allein betrachtet	E :
von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	D :
technologischer Hintergrund	L :
nichtschriftliche Offenbarung	
Zwischenliteratur	
der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	& :

älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist in der Anmeldung angeführtes Dokument aus andern Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

Best Available Copy



EB 11/2005  
ENT & TRADEMARK OFFICE

Seite 3

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
A	US-A-2 924 972 (A.E. BIERMANN)	1,2,4 11,23 24,26 27,29 32,33
* Spalte 3, Zeilen 38-49; Figur 4 * -----		
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int. Cl 4)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchedort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 27-01-1986	Prüfer PENZKOFER, B.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : nach Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

Best Available Copy